

# Návrh měření průtoku a parametrů odpadních vod

Proposal for the measurement of flow and  
parameters of wastewater

Bc. Josef Bečička



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

Ústav aplikované informatiky

akademický rok: 2008/2009

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Josef BEČIČKA**

Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Informační technologie**

Téma práce: **Návrh měření průtoku a parametrů odpadních vod**

Zásady pro vypracování:

1. Principy svodu a čištění odpadních vod
2. Vypracování hlavních hledisek návrhu systému měření průtoku a kvality odpadních vod z hlediska ekonomického, ekologického, efektivnosti využití strojů a zařízení včetně ekonomiky využití pracovních sil.
3. Analýza situace v konkrétním prostředí čistící stanice a návrh řešení přečerpávací stanice, včetně čidel, systému monitorování a řízení
4. Návrh komunikační brány v protokolu TCP/IP
5. Návrh SCADA systému
6. Návrh komunikace a řízení

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. PYTL V., Příručka provozovatele čistírny odpadních vod. 1.vydání. Praha: Copyright- Medium, 2004, str.207. ISBN: 80-239-2528-8
2. Průtokoměry [online] Dostupný z <http://www.elabrno.cz/ke-stazeni.htm>
3. Dokumentace [online] Dostupný z [http://www.vak-hod.cz/htm/sluzby/dokumenty/standardy\\_kanalizacni.pdf](http://www.vak-hod.cz/htm/sluzby/dokumenty/standardy_kanalizacni.pdf) hodonín parametry
4. Přenos dat [online] Dostupný z [http://www. Conel.cz](http://www.Conel.cz)
5. Kalová čerpadla [online] Dostupný z [http://www. WILO-EMU.cz](http://www.WILO-EMU.cz)
6. AUTOMA [online] Dostupný z <http://www.AUTOMA.cz>
7. Jenčík,J, Kuhn.L. Technická měření ve strojnictví. SNTL Praha 1982

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Martin Zálešák, CSc.**

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

**20. února 2009**

Termín odevzdání diplomové práce:

**27. května 2009**

Ve Zlíně dne 13. února 2009

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*děkan*



doc. Ing. Ivan Zelinka, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

## ABSTRAKT

Voda je jednou ze základních podmínek existence života na Zemi. Je strategickou surovinou zásadního významu.

Čištění vody a její požadovaná jakost je nejdůležitějším kritériem z mnoha faktorů, které je nutné dodržovat. Na základě těchto kritérií se ve své teoretické části zaměřuji na principy čištění odpadních vod a vypracování hlavních hledisek návrhu systému měření průtoku a kvality odpadních vod a to z ekonomického a ekologického hlediska. V praktické části jsem se již zaměřil na konkrétní návrh řešení systému monitorování a řízení průtoku odpadních vod, komunikační brány v protokolu TCP/IP, SCADA systému včetně návrhu komunikace a řízení.

**Klíčová slova:** čištění odpadních vod, monitorování, SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) systém, PLC (Programable Logic Controller) automat, komunikace, měření, regulace

## ABSTRACT

Water is one of the basic conditions of existence of life on Earth. It is a strategic raw material of major importance. Clean water and its required quality is the most important criterion of the many factors that must be followed.

On the basis of these criteria in my theoretical part I focus on the principles of treatment of sewage and the development of the main aspects of the system for measurement of the flow and quality of waste water from the point of the economic and environmental terms. In the practical part, I have already focused on a specific design of system for monitoring and managing the flow of sewerage, telecommunications gateway in TCP / IP protocol, SCADA system, including design of communication management and control.

**Keywords:** Treatment of sewage, monitoring, SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) system, PLC (Programmable Logic Controller), communication, measurement, control

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto vedoucímu diplomové práce ing. Martinu Zálešákovi, CSc., který mi poskytl cenné rady a kritické připomínky při řešení diplomové práce

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně

.....  
Podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 PRINCIPY SVODU A ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD</b> .....	<b>13</b>
1.1 DRUHY SYSTÉMŮ STOKOVÝCH SÍTÍ.....	13
1.1.1 Jednotná soustava.....	13
1.1.2 Oddílná soustava.....	13
1.1.3 Modifikovaná soustava.....	14
1.2 ROZDĚLENÍ STOK PODLE PRŮMĚRU POTRUBÍ.....	14
1.3 ČLENĚNÍ A SKLADBA ČOV.....	14
1.3.1 Ochranná část čistírny a hrubé předčištění.....	15
1.3.2 Mechanický stupeň čištění.....	15
1.3.3 Biologický stupeň čištění.....	16
1.3.4 Kalové hospodářství.....	16
1.4 BIOLOGICKÉ ČIŠTĚNÍ.....	16
1.5 TECHNOLOGIE ČIŠTĚNÍ BEZ ODSTRAŇOVÁNÍ NUTRIENTŮ.....	17
1.5.1 Čistírny s kombi-bloky.....	18
1.5.2 Čistírny s oxidačními příkopy.....	18
1.6 TECHNOLOGIE ČIŠTĚNÍ S ODSTRAŇOVÁNÍM NUTRIENTŮ.....	19
1.6.1 Aktivační proces.....	19
1.6.2 Koncentrace rozpuštěného kyslíku.....	20
1.6.3 Sledování hodnoty pH.....	20
1.6.4 Principy biologického odstraňování dusíku.....	21
1.6.5 Principy biologického odstraňování fosforu.....	21
1.6.6 Vznik kalu u každé biologické čistírny odpadních vod.....	21
1.7 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY NA MĚŘENÍ PRŮTOKU ODPADNÍCH VOD.....	24
1.7.1 Metrologické předpisy.....	24
1.7.2 Vodohospodářské předpisy.....	25
<b>2 HLEDISKA NÁVRHU SYSTÉMU ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD</b> .....	<b>27</b>
2.1 KOMPLEXNÍ ŘEŠENÍ ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD.....	27
2.2 PROCESNÍ TECHNOLOGIE.....	27
2.3 EKOLOGICKÁ HLEDISKA NÁVRHU KVALITY ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD.....	27
2.4 CHEMICKÉ UKAZATELE SLOŽENÍ ODPADNÍCH VOD PRO BIOLOGICKÉ ČIŠTĚNÍ.....	28
2.4.1 Anorganické ukazatele.....	28
2.4.2 Organické ukazatele.....	29
2.5 EKONOMICKÁ HLEDISKA PRO NÁVRH A VÝPOČET ČOV.....	29
2.6 ZÁKLADY HYDRAULICKÉHO VÝPOČTU ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD.....	30
2.7 STANOVENÍ PRŮTOKU BIOLOGICKOU ČÁSTÍ ČOV.....	30
2.7.1 Odpadní vody od obyvatelstva.....	30
2.7.2 Odpadní vody z průmyslu, zemědělství a ostatní.....	31

2.7.3	Balastní vody.....	31
2.7.4	Průtok biologickou částí ČOV .....	31
2.8	PARAMETRY PRO STANOVENÍ KVALITY VODY .....	32
2.9	TEPLOTA VODY .....	32
2.10	KALOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ .....	32
2.11	PRINCIPY NÁVRHU ŘEŠENÍ TYPU PRŮTOKOMĚRU, SYSTÉMU MONITOROVÁNÍ A ŘÍZENÍ .....	33
2.11.1	Princip magneticko-indukčních průtokoměrů.....	33
2.11.2	Předpoklady pro správnou funkci průtokoměrů.....	37
2.11.3	Předpoklady pro správnou funkci průtokoměrů.....	38
2.12	KOMUNIKAČNÍ BRÁNY V PROTOKOLU TCP/IP .....	39
2.12.1	I. vrstva.....	39
2.12.2	II. vrstva .....	40
2.12.3	III vrstva .....	40
2.13	PRINCIPY NÁVRHU SCADA SYSTÉMU.....	41
2.13.1	Základní vlastnosti systému .....	41
2.13.2	Vodárenský řídicí systém.....	42
2.13.3	Typické aplikace ve vodárenství.....	43
2.13.4	Dispečerské centrum .....	43
2.13.5	Základní vlastnosti dispečerského software:.....	44
2.14	KRITERIA PRO NÁVRH SYSTÉMU ŘÍZENÍ ČOV.....	44
2.15	PODMÍNKY PRO DOBROU FUNKCI AUTOMATIZOVANÉHO PROVOZU.....	45
2.16	SCADA SYSTÉM .....	45
2.16.1	Nejdůležitější vlastnosti SCADA systémů.....	46
2.16.2	SCADA funkce .....	46
2.17	PLC AUTOMAT .....	48
<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>		<b>50</b>
<b>3</b>	<b>TECHNICKÉ ŘEŠENÍ.....</b>	<b>51</b>
3.1	PŘÍSTUP ŘEŠENÍ NÁVRHU TECHNOLOGIE MĚŘENÍ, MONITOROVÁNÍ A ZAŘÍZENÍ .....	51
3.1.1	Popis technologie přečerpávací stanice.....	51
3.1.2	Navržený průtokoměr MP400C .....	55
3.1.3	Systém ovládání kalových čerpadel .....	57
3.2	NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO ŘEŠENÍ PŘENÁŠENÍ DAT.....	59
3.3	NÁVRH MĚŘENÍ A ŘÍZENÍ.....	59
3.3.1	Navržený GPRS modem CGU 04 .....	59
3.3.2	Propojení řídicích systémů pomocí GSM-GPRS .....	61
3.3.3	PLC automat Mitsubishi MELSEC FX1N.....	62
3.3.4	Grafický operátorský panel Magelis XBT GT .....	63
3.4	NÁVRH INFORMAČNÍHO SYSTÉMU .....	65
<b>4</b>	<b>NÁVRH KOMUNIKAČNÍ BRÁNY V PROTOKOLU TCP/IP.....</b>	<b>66</b>
4.1.1	Aplikace virtuálních privátních sítí AGNES .....	66



4.1.2	Modulární systém vstupů/výstupů CIO .....	68
<b>5</b>	<b>NÁVRH SCADA SYSTÉMU .....</b>	<b>69</b>
5.1	SYSTÉM SCADA RELIANCE 4 .....	69
5.1.1	Výhody SCADA HMI Reliance pro koncové uživatele .....	69
5.1.2	Výhody SCADA HMI Reliance systémovým integrátorům .....	70
5.1.3	Vlastnosti SCADA HMI Reliance .....	70
5.2	CENTRÁLNÍ MODUL PLC TECOMAT FOXTROT CP-1015 .....	73
5.2.1	Základní charakteristiky .....	73
<b>6</b>	<b>NÁVRH KOMUNIKACE A ŘÍZENÍ .....</b>	<b>78</b>
6.1	MONITOROVÁNÍ JEDNOTLIVÝCH OBJEKTŮ .....	78
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>79</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>83</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>84</b>
	<b>VÝZNAM CIZÍCH SLOV .....</b>	<b>85</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>86</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>87</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>88</b>

## ÚVOD

Voda je jednou ze základních podmínek existence života na Zemi. Je nejvíce zastoupenou součástí všech organismů. Je strategickou surovinou zásadního významu. Rozdělení zdrojů pitné vody je nerovnoměrné a zdroje jsou neomezené. Necelé 1% veškeré vody na Zemi je voda sladká.

Česká republika nemá přístup k velkým vodním rezervám, prakticky žádná voda na naše území nepřitéká.

Vodní politika je neopomenutelnou součástí globální politiky životního prostředí. Svým významem a dopady široce souvisí s celkovou hospodářskou politikou státu a spokojenosti obyvatelstva. Od roku 1989 se situace ve vodním hospodářství postupně vyvíjela ve prospěch zlepšování vodních poměrů, což ovlivnilo výrazně jakost povrchových vod. Příčin bylo několik: restrukturalizace průmyslu, úsporná opatření s vodou v průmyslu a u obyvatelstva a především výstavba a modernizace čistíren odpadních vod.

Poloha České republiky ve středu Evropy má z hlediska vodních zdrojů, protože co na naše území naprší, s tím můžeme hospodařit a třetí je skutečnost, že naše řeky Labe, Odra a Morava odvádějí povrchové vody do moří přes sousední státy. A ty mají pochopitelně zájem o co nejlepší jejich jakost a my máme vždy zájem na dobrých sousedských vztazích.

Česká republika má dobré zkušenosti i na poli mezinárodní, např. s činností Mezinárodní komise pro ochranu Labe z roku 1990, která přinesla především výstavbu městských a průmyslových čistíren odpadních vod, postupné zlepšování stavu vodních společenstev a dala vzniknout např. rozsáhlému systému chráněných území podél toku Labe.

Česká republika jako součást EU se nemalou měrou podílí vodní politiky EHS. Komplexní principy vodní politiky pro EHS formulovala Evropská komise v roce 1995 a vytýčila v nich základní poslání vodního hospodářství v širokém pojetí environmentální politiky.

Pro další vývoj v evropském regionu je rozhodující Rámcová směrnice Rady ES o vodní politice, která je svou podstatou plánovací dokument na mnoho let dopředu a na kterou navazují již konkrétní úkoly vyplývající z řady směrnic ES. Tato Rámcová

směrnice uveřejněná ve věstníku ES dne 22.12.2000, představuje také významný mezinárodní legislativní nástroj pro vodu a vodní hospodářství.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 PRINCIPY SVODU A ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

ČOV (*provoz čistírny odpadních vod*) dále jen ČOV úzce souvisí se správnou funkcí příslušné stokové sítě. Stav stokové sítě a její správné provozování může ovlivnit a někdy i ohrozit množství a jakost protékajících odpadních vod, např. při jejím porušení dochází ke vtoku podzemních vod do stokových sítí (*infiltraci*) a nebo k úniku odpadních vod do půdního prostředí (*exfiltraci*). Vždy je nutná účinná spolupráce příslušných provozních složek.

### 1.1 Druhy systémů stokových sítí

- Stoková síť jednotné soustavy, která společně odvádí odpadní a dešťové vody,
- Stoková síť oddílné soustavy tvořené systémem stok, obvykle dvou, z nichž
- jedna odvádí odpadní a druhá dešťové vody,
- Stoková síť modifikované soustavy, tvořené systémem stok, obvykle dvou,
- z nichž jedna odvádí splaškové a průmyslové odpadní vody i znečištěné dešťové
- vody a druhá zbylý podíl neznečištěných dešťových vod

#### 1.1.1 Jednotná soustava

Jednotná soustava je zpravidla ekonomicky a technicky výhodná, nevýhodná je však z hygienického hlediska vzhledem k nezbytnosti užití odlehčovacích komor nebo objektů na stokové síti nebo čistírně odpadních vod, které odlehčují systému při dešťových průtocích. Při těchto průtocích voda v odlehčovací komoře přepadá do odlehčovací stoky a odtud recipientu nebo dešťové nádrže. I při vysokém naředění splaškových vod vodami dešťovými dochází k fekálnímu a jinému znečištění recipientu. Za odlehčovací komorou pokračuje stoka k čistírně zmenšeným profilem.

#### 1.1.2 Oddílná soustava

Zde se splaškové případně splaškové a průmyslové vody nesměšují s vodou dešťovou. V důsledku toho v ulici vedou dvě nebo více stok a každá odvádí jiné odpadní vody. Pořizovací náklady jsou vyšší, fekální znečištění však nekontaminuje recipient a dešťové vody hydraulicky nezatěžují ČOV. V rozptýlené zástavbě, v rovinatém terénu, při vysoké hladině podzemní vody nebo při nepříznivých geologických podmínkách může být místo obvyklých gravitačních stok oddílné splaškové kanalizace vybudována

kanalizace tlaková. Tlakovou kanalizaci tvoří gravitační přípojka z nemovitosti s čerpací šachtou s ponorným čerpadlem a síť tlakového sběrného potrubí. Z jednotlivých šachet se voda čerpá do tlakové sítě.

K odvádění odpadních vod do čistíren do 5000 ekvivalentních obyvatel doporučuje ČSN 75 64 01 navrhovat oddílnou kanalizaci.

### 1.1.3 Modifikovaná soustava

Je např. řešena užitím mělce uložených stok k odvádění dešťových vod a hlouběji uložených stok odvádějících odpadní vody splaškové případně i průmyslové. Dno dešťových stok je propojuje se splaškovými stokami potrubím ústícím do vstupních šachet splaškové sítě. Znečištěné dešťové vody, z prvního spláchnutí povrchu území odtékají z dešťové sítě do splaškových stok. Po zahlcení dešťových stok dochází také k odtoku dešťových vod dešťovými stokami do recipientu.

Při volbě systému stokové sítě je třeba posoudit více hledisek, kromě ekologických, ekonomických a technických je to i hledisko historického vývoje kanalizace v daném odvodňovaném území. Toto posouzení často vede ke kombinaci uvedených systémů.[6]

## 1.2 Rozdělení stok podle průměru potrubí

- neprůlezná - průměr do 80 cm
- průlezná - průměr 80–150 cm
- průchozí - průměr nad 150 cm

## 1.3 Členění a skladba ČOV

Moderní čistírny odpadních vod se budovaly především po roce 1990. Jejich technologická skladba se zaměřovala na zvýšené odstraňování biogenních prvků dusíku a fosforu.

Požadovaná jakost vyčištěné vody je nejdůležitějším kritériem, které musí čistírna jako celek splnit. Tomuto požadavku se obvykle podřizuje volba technologie čištění a tím i technologická skladba celé linky. Další faktory, které mohou ovlivnit výběr vhodného typu čistírny jsou investiční a provozní náklady, dále provozní hledisko, které

zahrnuje nároky na pracnost a kvalifikaci obsluhy a v neposlední řadě spolehlivost a stabilita čistícího procesu. U ČOV pro 500–10000 EO (*ekvivalent obyvatel*) dále jen EO nelze požadovat častou přítomnost technologa. Technologická linka čistírny by měla být pokud možno jednoduchá s maximálně spolehlivým strojním zařízením, což je ovšem požadavek, který platí obecně. V případě použití složitější technologie je nezbytné použít v odpovídající míře spolehlivou automatizaci provozu.

ČOV mohou být městské nebo obecní, jež čistí především odpadní vodu z veřejného kanalizačního systému (městské odpadní vody), a průmyslové, které bývají součástí jednotlivých průmyslových závodů a čistí průmyslovou odpadní vodu.

Každá čistírna musí respektovat určité požadavky na ní kladené. ČOV do 10000 EO jsou jak látkově, tak i hydraulicky nerovnoměrně zatěžovány. Tuto skutečnost musí technologický návrh respektovat, aby se zajistila relativně neměnná jakost vyčištěné vody. Nerovnoměrnému zatížení by měla odpovídat i technologická skladba čistírenské linky, která se obecně skládá z několika částí s následující funkcí.

K čištění odpadních vod se používá řada fyzikálních, chemických nebo biologických metod, a to podle zdroje a povahy odpadních vod.

### **1.3.1 Ochranná část čistírny a hrubé předčištění**

Ochranná část čistírny a hrubé předčištění slouží k odstraňování hrubých nečistot tj. shrabků a písku z přitékající odpadní vody, dále k ochraně strojního zařízení čistírny před mechanickým poškozením v případě jednotné kanalizace se může i využít jako ochrana před hydraulickým přetížením srážkovými vodami. Do čistírenské linky se určitá skladba těchto objektů vždy zařazuje.

### **1.3.2 Mechanický stupeň čištění**

Mechanický stupeň čištění (primární sedimentace) zajišťuje separaci jemnějších podílů nerozpuštěného znečištění odpadní vody usazením ve formě kalů. V závislosti na zvolené technologii čištění odpadních vod nemusí být primární sedimentace zařazena do čistírenské linky.

### 1.3.3 Biologický stupeň čištění

Biologický stupeň čištění zajišťuje odstranění převážně rozpuštěného organického znečištění, popřípadě i nutrietů biologickou cestou s následně oddělením biomasy od vyčištěné vody v dosazovací nádrži.

### 1.3.4 Kalové hospodářství

Kalové hospodářství zajišťuje aerobní nebo stabilizace kalů vyprodukovaných čistírnou včetně jejich kalu k jeho stabilizaci popř. likvidaci, tj. využití mimo areál čistírny odpadních vod.

Zatímco u velkých čistíren odpadních vod bývají tyto základní čtyři části ČOV od sebe zřetelně odděleny, dochází často u menších velikostí ČOV k jejich částečnému slučování. [6]

## 1.4 Biologické čištění

Biologické čištění odpadních vod se používá již relativně dlouho. Tak jako v ostatních oborech docházelo i v biologickém čištění k postupnému vývoji. Technologické návrhy biologického stupně odpadních vod dříve vycházely z požadavku odstranění organického znečištění odpadní vody. Na tento požadavek se celý biologický stupeň dimenzoval, tj. včetně instalovaného aeračního zařízení. Podstatná změna nastala až zaváděním biologických procesů na odstraňování nutrietů, dusíku a fosforu. Zavedením procesu nitrifikace a denitrifikace se zvýšily požadavky na aerační systém a rovněž se zvýšila složitost aktivačního systému. V případě použití procesu biologického odstraňování fosforu je dopad na rozdělení aktivačního systému do sekcí ještě větší.

V minulosti se k provzdušňování aktivačních nádrží používaly různé typy aeračních zařízení, od povrchových aerátorů až po hydropneumatické. Dnes vývoj jednoznačně v této oblasti směřuje k používání jemnobublinné aerace.

#### **Důvody pro navrhování tohoto aeračního systému jsou zejména:**

- vysoké procento využití kyslíku ze vzduchu, a s tím související energetická hospodárnost provozu,
- šetrný způsob aerace, který omezuje rozbíjení vloček aktivovaného kalu,
- dokonalejší míchání obsahu aktivační nádrže



U čistíren s nitrifikací by aerační systém měl zajistit koncentraci rozpuštěného kyslíku v aktivační směsi cca  $2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . Protože aerační systém obvykle zajišťuje i míchání aktivační nádrže, může docházet při nízkém zatížení aktivační nádrže k vzrůstu koncentrace kyslíku nad tuto hodnotu v důsledku nutnosti dosáhnout určitou intenzitu aerace k umíchní aktivační nádrže. Míchadla v biologickém stupni se používají k homogenizaci obsahu anaerobních a anoxických zón. Zde se uplatňují ponorná horizontální míchadla ukotvená na vhodné konstrukce, která umožňuje nastavení jejich optimální polohy. Doporučovaná hodnota energie pro zajištění míchání se pohybuje okolo  $4 \text{ W/m}^3$ . [6]

## 1.5 Technologie čištění bez odstraňování nutrientů

Dříve používané technologie čištění byly často založeny na principu aktivace s částečnou stabilizací kalu. Toto řešení bylo důsledkem snahy o stabilní proces biologického čištění při podmínkách velké hydraulické nerovnoměrnosti množství přítékajících odpadních vod. Proto se volily delší doby zdržení v aktivaci, což mělo za následek nižší zatížení aktivovaného kalu a jeho vyšší stáří. Za těchto podmínek a při vyšších teplotách odpadní vody docházelo alespoň k částečné nitrifikaci amoniakálního dusíku, kterou však často limitovala kapacita aeračního zařízení, resp. reálně dosahovanému % projektované látkové kapacity ČOV. Cílená denitrifikace se však do linky nezařazovala, mohlo však docházet k částečné simultánní denitrifikaci v důsledku nedostatečného míchání nádrže mechanických aerátorem či při vypínání aeračního válce v oxidačních příkopech, apod. V současné době se stále můžeme na menších ČOV setkat s původními technologiemi čištění, které byly původně typizovány, popř. z typových projektů vycházely. V mnohých však došlo k jejich postupné modernizaci. Nejčastěji se z původních technologií čištění odpadních vod můžeme setkat:

- S čistírnami s přerušovanou činností,
- S čistírnami s kombi-bloky,
- S oxidačními příkopy,
- S čistírnami s bio-filtry.

### 1.5.1 Čistírny s kombi-bloky

Představují spolehlivý typ biologické ČOV. Kombi-bloky patří mezi naše nejlépe pracující a nejspolehlivější typy ČOV. Účinnost čištění přes 90% podle BSK<sub>5</sub> a kvalita odtoku mezi 10-20mg/l BSK<sub>5</sub> není u tohoto typu ČOV výjimkou. Technologie čištění byla založena na principu dlouhodobé aerace s částečnou aerobní stabilizace kalu. Návrhové zatížení aktivační nádrže bylo 0,18 kg BSK<sub>5</sub> [m<sup>3</sup>/d], což při návrhové koncentraci aktivovaného kalu 3,5 kg/m<sup>3</sup> představuje zatížení kalu 0,05 [kg/kg/d]. Návrhové zatížení aktivovaného kalu bylo tak nízké, že v podstatě vyhovuje i současným požadavkům kladeným na oxický stupeň biologického čištění.

Základní původní sestavu tvoří betonová aktivační nádrž provzdušňovaná povrchovým aerátorem a vertikální dosazovací nádrž. Odpadní vody se mechanicky předčišťují na česlích, lapáku písku a lapáku plovoucích nečistot. Z aktivační nádrže se aktivační směs vede na spolehlivě fungující čtvercové dosazovací nádrže. Byla typizovaná velikostní řada až pro 5000 osob s možností zdvojení typizovaného řešení. Tento typ čistírny byl velice vhodný pro intenzifikaci, která se také často realizovala. Odpadní vody se mechanicky předčišťují na česlích, lapáku písku a lapáku nečistot. Z aktivační nádrže se aktivní směs vede spolehlivě fungující čtvercové dosazovací nádrže. Byla typizována velikostní řada až pro 5000 osob s možností zdvojení typizovaného řešení. Tento typ čistírny byl velice vhodný pro intenzifikaci, která se často realizovala. Mechanickou aerací povrchovými aerátory nahradila jemnobublinná aerace a vyčlenila se denitrifikační sekce buď v původní nádrži, popř.se dostavěla samostatná denitrifikační nádrž. Tento způsob zvýšil kapacitu ČOV, protože použité čtvercové dosazovací nádrže jsou schopny spolehlivě fungovat i při vyšším zatížení, než je typizovaná hydraulická kapacita kombi-bloku.

### 1.5.2 Čistírny s oxidačními příkopy

Vynikaly svojí jednoduchostí a stabilním čistícím účinkem. Dostatečně velký objem oxidačního příkopu v kombinaci se spolehlivou funkcí vertikálních dosazovacích nádrží zajišťoval obvykle dobrou kvalitu odtoku s malým vlivem kolísání hydraulického zatížení na odtokové parametry. Provozní zkušenosti s tímto typem ČOV jsou velmi dobré, dosahovaná účinnost se pohybuje kolem 90 – 95 % podle BSK<sub>5</sub>. Jejich předností je vysoká provozní bezpečnost a možnost vyrovnávat nárazy hydraulického i látkového

zatížení. Nároky na obsluhu jsou nízké. Nevýhodou tohoto typu ČOV jsou větší nároky na zastavěnou plochu a malá hloubka aktivační nádrže. Tento typ čistírny je rovněž málo náročný na spotřebu elektrické energie. Z těchto typů ČOV se postupně vyvinula oběhová aktivace. [6]

## 1.6 Technologie čištění s odstraňováním nutrientů

Pro zneškodňování splaškových vod je nejvhodnější biologický způsob čištění, který využívá schopností mikroorganismů čerpat živiny z odpadních vod a je ve svém principu v podstatě shodný se samočisticími pochody, které probíhají v povrchových vodách. Hlavní rozdíl je v rychlosti odbourávání znečištění, která je oproti samočištění v přírodě relativně nízká, a proto lze v čistírně stejného efektu dosáhnout v poměrně krátké době. Příčina tohoto rozdílu je způsobena mimo jiné v rozdílné koncentraci mikroorganismů (biomasy) přítomných ve vodách a v čistírně. Nutnou podmínkou pro dobrý průběh čistících pochodů je dostatečné množství kyslíku potřebného k zajištění aerobního prostředí a dobrý styk biomasy čištěnou vodou.

K základním technologickým principům biologického čištění odpadních vod patří biofilmové procesy a čištění odpadní vody aktivovaným kalem.

### 1.6.1 Aktivační proces

V čistírenské praxi se využívá mnoho modifikací aktivačního procesu, lišících se svými zatěžovacími parametry. Vzhledem k velkému hydraulickému kolísání přítékajícího množství odpadních vod se tato velikostní kategorie čistíren navrhuje s aktivačním systémem s prodlouženou dobou zdržení. Mezi základní návrhové parametry aktivačního procesu patří:

- stáří kalu, které se pohybuje u ČOV pod 10 000 EO okolo hodnoty 20 a více dní a představuje dobu, za kterou se obnoví kal v systému,
- zatížení kalu, definované převedeným znečištěním v BSK<sub>5</sub> na 1 kg sušiny, podle typu procesu se pohybuje jeho hodnota v širokém rozmezí 0,02 – 0,3 kg/kg/d, přičemž nižší hodnoty převládají,
- koncentrace aktivovaného kalu se obvykle pohybuje mezi 3 – 5 kg/m<sup>3</sup>,
- doba zdržení odpadní vody v aktivaci, podle typu procesu se obvykle pohybuje v rozmezí 12 – 36 hod.

Uvedené parametry spolu úzce souvisí a změna jednoho z nich se ve většině případů vyvolává změnu ostatních. Nízké hodnoty zatížení kalu a jeho vysoké stáří čistíren zabezpečují dobrý průběh nitrifikace.

Základní kultivační podmínky aktivovaného kalu v jednotlivých reaktorech systému charakterizují následující veličiny:

- redox potenciál,
- koncentrace kyslíku,
- hodnota pH,
- teplota,
- koncentrace aktivovaného kalu,
- koncentrace substrátu.

### 1.6.2 Koncentrace rozpuštěného kyslíku

Ta se sleduje v aktivačních nádržích. Obecně se doporučuje dodržovat koncentraci kyslíku 2 mg/l, která zaručuje plné oxické podmínky prostředí, které umožňují odstraňování organických látek a nitrifikací oxidovatelného dusíku. Optimalizace vnosu kyslíku do aktivační nádrže lze nejlépe zajistit měřením koncentrace kyslíku v aktivaci kyslíkovou sondou, která je on-line napojena na dmychadlo s regulací otáček. Požadavek koncentrace kyslíku v aktivační nádrži však musí být v souladu s minimální intenzitou aerace, která musí udržet aktivační směs ve vznosu.

### 1.6.3 Sledování hodnoty pH

Sledování hodnoty pH je důležité v dokonale nitrifikujících systémech a u čistíren odpadních vod s výrazným podílem průmyslových odpadních vod. Proces nitrifikace a denitrifikace je citlivá na hodnotu pH. V průběhu nitrifikace dochází k produkci  $H^+$  iontů a tím i poklesu hodnoty pH. Naopak při denitrifikaci dochází k produkci iontů  $OH^-$  a tím k vzrůstu hodnoty pH. Optimální pH je v rozmezí hodnot 7 až 8. Aby se tato hodnota aktivační směsi udržela, nemá alkalita odpadní vody poklesnout po 2 mmol/l (*jednotka milimol na litr*). Měření pH sondou má být instalováno v oxických reaktorech ČOV (regenerace a nitrifikace) a na přítoku a odtoku z ČOV.

Teplota ovlivňuje veškeré rychlosti biologických procesů, podstatně pak nitrifikaci amonných iontů. Z legislativního hlediska je důležitá teplota odtoku z biologického

stupně vyšší než 12°C, protože pro tuto teplotu limituje nařízení vlády č. 61/2003 Sb., odtokovou koncentrací amoniakálního dusíku pro velikostní kategorii čistíren 2000 až 10 000 EO. Zajištění požadované kvality odtoku i v zimních měsících, kdy je nízká teplota odpadní vody, vede společně se snahou o dezodorizaci objektů ČOV k zakrytí čistíren odpadních vod.

#### **1.6.4 Principy biologického odstraňování dusíku**

Cílem biologického odstraňování sloučenin dusíku je zoxidovat většinu redukovaného dusíku na dusičnany a rovněž snížit jejich koncentraci na hodnoty přijatelné jak z hlediska odtokových standardů, tak s ohledem na technologickou i ekonomickou náročnost procesu.

#### **1.6.5 Principy biologického odstraňování fosforu**

Vhodným uspořádáním aktivačního procesu lze dosáhnout zvýšenou akumulaci fosforu v produkovaném kalu a tím snížit jeho koncentraci v odtoku z ČOV. Tato skutečnost je důsledkem přítomnosti bakterií schopných zvýšené akumulace fosforu do buněk aktivovaného kalu. Tyto mikroorganismy jsou souhrnně označovány jako poly-P (polyfosforečné). Mechanismus zvýšené akumulace fosforu představuje pro tyto mikroorganismy selektivní výhodu při opakovaném střídání anaerobních a oxických kultivačních podmínek, které jsou základním předpokladem pro zvýšenou akumulaci fosforu v buňkách aktivovaného kalu. Fosfor není v buňkách aktivovaného kalu příliš pevně vázán a snadno se z nich uvolňuje, jakmile je vystaven anaerobním podmínkám. Proto se musí zabránit příliš dlouhému pobytu zahušťovacího kalu v dosazovací nádrži, kde by mohlo dojít k zpětnému uvolňování fosforečnanů do finálního odtoku a rovněž se nedoporučuje vystavení kalu anaerobním podmínkám v důsledku nežádoucího návratu fosforu kalovou vodou do hlavní technologické linky.

#### **1.6.6 Vznik kalu u každé biologické čistírny odpadních vod**

I když z hlediska hydraulického zatížení představují kaly pouze 1-2 % objemu čistěných vod, tak z hlediska látkového zatížení je v nich zkoncentrováno 50 až 80 % celkového znečištění. To se odráží nejen na investičních nákladech kalového hospodářství, ale hlavně na provozních nákladech, které dosahují až 50 % z celkových

provozních nákladů celé čistírny. Výše provozních nákladů je ve velké míře ovlivněna tím, jak v konečném důsledku je s kalem naloženo tj. na koncepci odpadového hospodářství obce. Obecně odpadová politika EU potlačuje ukládání odpadů a namísto toho podporuje jejich recyklaci. Hlavní směr recyklace přitom míří do zemědělství jako hnojivo. Nakonec vývoj cen fosfátových hnojiv v posledním roce jasně naznačil, že fosfor nepatří do obnovitelných zdrojů a tak se jeho cena vyšplhala téměř na dvojnásobek.

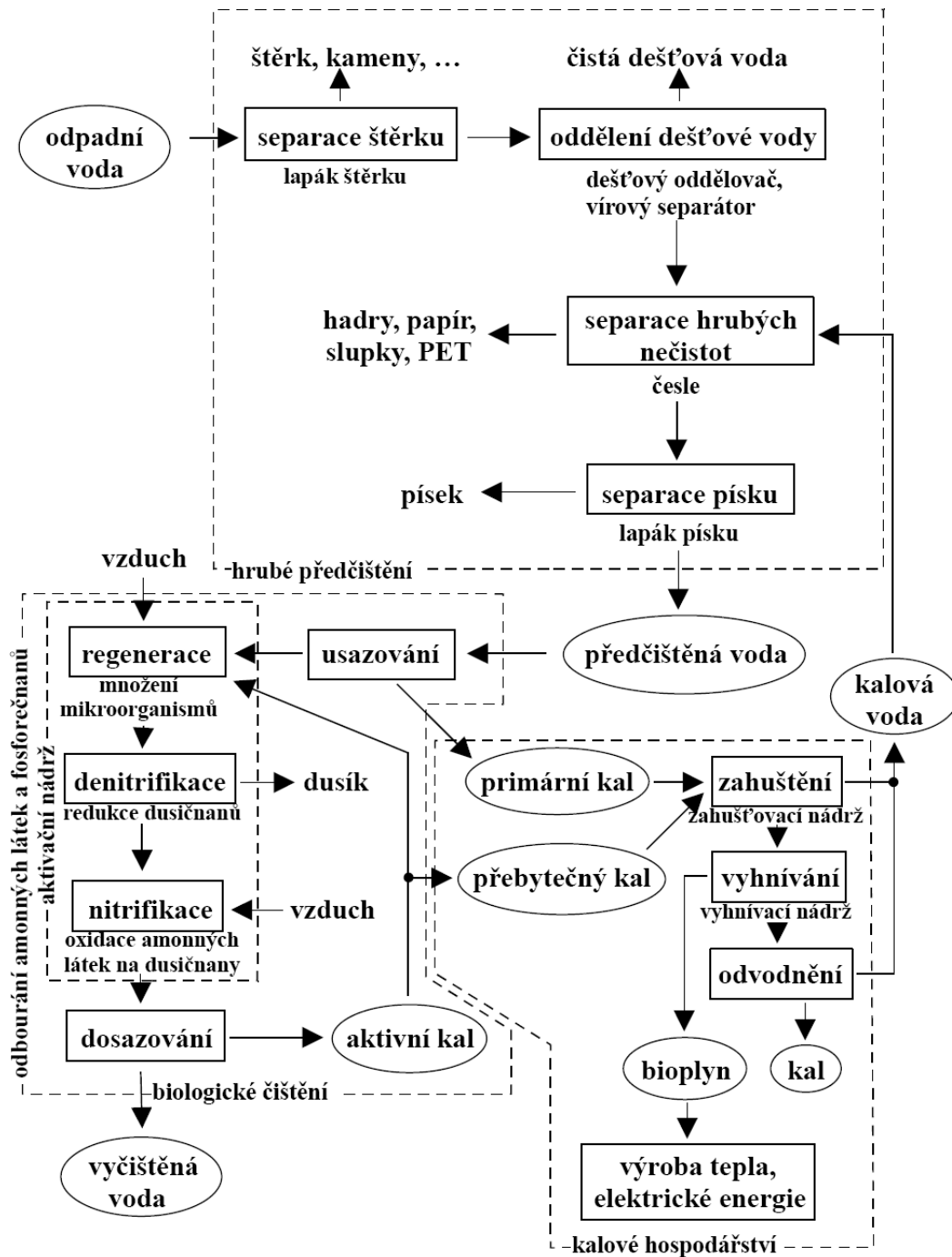
Současné nároky na čištění odpadních vod lze shrnout do následujících bodů:

- Dosáhnout vysoké účinnosti mechanicko-biologického čištění, především z hlediska odstranění biogenních prvků (nutrientů)- dusíku a fosforu.
- Minimalizovat vliv ČOV na životní prostředí, a to včetně kalového hospodářství (hluk, zápach, aerosoly a mikrobiální znečištění vzduchu, dopravní zatížení okolí, estetické závady).
- Snížit náročnost na obsluhu a zvýšit kulturu obsluhy.
- Výrazně snížit energetickou náročnost procesu čištění.
- Použitím kvalitních zařízení snížit náklady na opravy a údržbu.
- K dosažení optimálních provozních podmínek nasadit vyšší stupeň automatizace a řízení technologického procesu.
- Minimalizovat celkové provozní náklady (snížení počtu obsluhy, snížení spotřeby elektrické energie, snížení poplatků za vypouštěné znečištění, snížení nákladů na opravy). [6]

Princip mechanického a biologického čištění městské části odpadních vod je znázorněn na schématu (Obr.1).

## ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD

Princip: mechanické a biologické čištění městské odpadní vody



Obr. 1. Schéma principu čištění odpadní vody

## 1.7 Legislativní požadavky na měření průtoku odpadních vod

### 1.7.1 Metrologické předpisy

- pracovní měřidla stanovená (dále jen stanovená) jsou měřidla, která MPO (*Ministerstvo průmyslu a obchodu*) dále jen MPO stanoví vyhláškou k povinnému ověřování. Při uvádění do oběhu musí být provedeno jejich prvotní ověření (zákon 505/1990 Sb. ve smyslu jeho novely), povinnost schvalování typu měřidla pro vybrané tuzemské průtokoměry určuje MPO, přičemž na žádost mohou se schvalovat i jiná než stanovená měřidla,
- dovážena stanovená měřidla musí být typově schvalována všechna,
- pracovní měřidla nestanovená (dále jen pracovní) jsou měřidla, která nejsou etalonem ani stanoveným měřidlem, tato měřidla mohou být typově schválena na základě žádosti, při uvádění do oběhu se musí prvotně kalibrovat,
- schvalováním typu se rozumí zjistit, za měřidlo bude schopno plnit funkci pro kterou je určeno (§6 zákon 505/90 Sb. ve smyslu jeho novely),
  - ověřováním stanoveného měřidla se potvrzují požadované metrologické vlastnosti měřidla,
  - kalibrací se rozumí porovnání metrologických vlastností zpravidla s etalonem při dodržení návaznosti měřidel,
- při používání stanovených měřidel je nutno obnovovat platnost provedeného ověření v souladu s vyhláškou MPO,
- při používání pracovních měřidel je nutno obnovovat platnost provedené kalibrace, doba platnosti nebyla pro průtokoměry s otevřenou hladinou legislativně stanovena a je pouze na uživateli měřidla, jakou lhůtu si stanoví (nejlépe interním metrologickým předpisem), přitom plně zodpovídá za správnost měření. Všeobecně doporučovaná lhůta pro systémy s otevřenou hladinou je dva roky.
- Používané průtokoměry lze z hlediska jejich přesnosti porovnávat pomocí stanovení nejistoty měření. Nejistota měření hodnoty měřené veličiny charakterizuje rozsah hodnot okolo výsledku měření. Pro běžné účely se používá rozšířená nejistota měření. Tato nejistota určuje rozsah intervalu výsledku měření na hladině pravděpodobnosti 95 %.[6]



### 1.7.2 Vodohospodářské předpisy

- ten, kdo vypouští odpadní vody do vod povrchových nebo podzemních, je povinen v souladu s vodohospodářským rozhodnutím měřit objem vypouštěných vod (zák. č. 254/2001 Sb. § 38, odst. 3 ),
- vyhláška č. 293/2002 Sb. MŽP o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových předepisuje nezbytnost měření objemu vypouštěných vod za kalendářní rok (tj. sledování veličiny proteklého objemu a veličiny uplynulého času),
- úplaty za vypouštění do vod povrchových se požadují při větším vypouštěném objemu odpadních vod jak 30 000 m<sup>3</sup>/rok nebo při současném překročení hmotnostní a koncentrační hodnoty příslušného ukazatele (sledované ukazatele znečištění uvádí příloha č.2 zákona 254/2001 Sb.). Znečišťovatel, kterému vznikla povinnost úplat, je povinen sledovat ukazatele u každého zdroje. Při vypouštění z více zdrojů se tyto v příslušných ukazatelích sčítají (vypouštěné množství, průtok, hmotnost),
- ve výjimečných případech legislativa povoluje nahradit kontinuální měření vypouštěných odpadních vod do vod povrchových jednotýdenním měřením s dopočtem celoročního objemu (vyhláška 293/2002 Sb. MŽP, odst. 5),
- kontrolu správnosti měřidel provádí tzv. měřičská skupina ( pověřená MŽP),
- kontrola zahrnuje zjištění rozdílu mezi stávajícím měřením a kontrolním (odchylka za období /obvykle účetní rok/ do 10 %), úřední měření průtoku (určení okamžité hodnoty veličiny), posouzení funkčnosti průtokoměru během celého roku (sezónní vlivy), vyjádření o vhodnosti průtokoměru z hlediska rozsahu průtoků a z hlediska kvality odpadní vody, vyjádření o stabilitě funkce průtokoměru v daném rozsahu průtoků na lokalitě, vyjádření o způsobu archivace časové řady objemů a o způsobu zabezpečení funkce při výpadku elektrického proudu a vyjádření o zabezpečení proti neoprávněné manipulaci a vandalismu (zákon č. 254/2001 Sb., vyhláška č. 293/2002 Sb.),
- ten, kdo vypouští odpadní vody do kanalizace (více jak 10 m<sup>3</sup> / den nebo více jak 50 EO), měří objem vod svým průtokoměrem, stanoví-li to kanalizační řád (určuje způsob a místo); pokud se objem vypouštěných odpadních vod neměří, pak se objem určuje z údaje vodoměru na vstupu do objektu nebo ze směrných

čísel spotřeby vody s připočtením ostatních zdrojů (zákon č. 274/2001 Sb., vyhláška č. 428/2001 MZ),

- průtokoměr (vypouštění vod do kanalizace) podléhá úřednímu ověření dle zákona č. 505/1990 Sb. (§19 zákona č.274/2001 Sb.),
- průtokoměry musí být zabezpečeny s možností uzamknutí proti manipulaci cizí osobou nebo proti poškození . Při vzájemné nedůvěře producenta a odběratele vod se doporučuje vstup vybavit dvojitým zámkem tak, aby byl možný pouze společný přístup. [6]

## 2 HLEDISKA NÁVRHU SYSTÉMU ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

### 2.1 Komplexní řešení čištění odpadních vod

ČOV je už svojí podstatou zařízením, jehož činností má dojít ke zkvalitnění životního prostředí, konkrétně zlepšení kvality povrchové vody. Hlavním úkolem čistírny je snížení znečištění odpadních vod vypouštěných do vod povrchových, tedy do řek. Správně navržený proces čištění zaručuje účinné vyčištění odpadní vody a šetří i peníze. Mnoho čistírenských postupů využívá dávkování chemikálií – zpravidla dávkování řízené a automatizované.

K čištění odpadních vod se používá řada fyzikálních, chemických nebo biologických metod, a to podle zdroje a povahy odpadních vod.

### 2.2 Procesní technologie

Procesní technologie je optimální volba se všemi legislativními požadavky je závislá na těchto krocích a to i na celém světě:

- Regulované dávkování kyselin/zásad k úpravě pH.
- Řízení obsahu kyslíku v aeračních reaktorech komunálních ČOV.
- Regulované dávkování redukčních/oxidačních chemikálií k dekontaminaci odpadních vod obsahujících chromáty nebo kyanidy.
- Dávkování chloridu železitého k vysrážení fosforu.
- Dávkování roztoku polyelektrolytu k účinné flokulaci nečistot.
- Zachycení vysrážených nečistot v gravitačních filtrech.
- Dávkování polyelektrolytu k odvodňování kalu.
- Podle měření jeho obsahu před vypouštěním vyčištěné vody do přírody.

### 2.3 Ekologická hlediska návrhu kvality čištění odpadních vod

Zdroje znečištění povrchových vod se obvykle rozdělují do tří základních skupin. Plošné znečištění je způsobeno především intenzivním zemědělstvím, kdy dochází ke splachování přebytečného hnojiva, pesticidů a také vlastní zeminy do řek. Vliv má i znečištění ovzduší (např. kyselá dešť). Ke snížení plošného znečištění žádné čistírny

neexistují. Jedinou možností je omezení faktorů (hnojiva, pesticidy, eroze půdy, emise škodlivin do ovzduší).

Druhým typem znečištění je znečištění z bodových zdrojů. Sem patří znečištění z městských a průmyslových odpadních vod. Právě při eliminaci tohoto znečištění hrají významnou úlohu ČOV.

Posledním typem znečištění je znečištění havarijní. Patří sem úniky škodlivin způsobené nehodami v dopravě, havarijními situacemi v průmyslových závodech atd.

Městské odpadní vody obsahují především nerozpustné látky anorganické i organické, které se dobře odstraňují v mechanické části čističky. Z rozpustných látek obsahují tyto vody především sloučeniny dusíku a fosforu. Jejich zdrojem jsou především fekálie, zbytky potravin a další organický odpad a také např. prací prostředky. Výskyt těchto látek způsobuje v přírodě přemnožení některých organismů (např. řasy a sinice), pokles množství rozpuštěného kyslíku a z toho plynoucí úhyn ryb a jiných vodních živočichů a celkové narušení přírodní rovnováhy. Sloučeniny dusíku a fosforu se odstraňují v biologické části čistírny. Někdy bývá zařazeno ještě doplňující chemické čištění, kdy se přidavkem nejrůznějších činidel sráží příslušná škodlivina na nerozpustnou látku, která se poté odstraňuje usazováním nebo i filtrací. [6]

## 2.4 Chemické ukazatele složení odpadních vod pro biologické čištění

### 2.4.1 Anorganické ukazatele

- **rozpuštěné anorganické soli (RAS)**, vyjadřují se v [mg/l] a považují se za přibližnou míru obsahu anorganických látek v odpadní vodě,
- **koduktivita elektrolytická koduktivita** je mírou koncentrace ionizovatelných anorganických a organických součástí vody vyjadřuje se [S/m]
- **nerozpuštěné látky** jsou významným ukazatelem jakosti jak surových tak i vyčištěných odpadních vod,
- **sloučeniny dusíku** spolu se sloučeninami fosforu patří mezi nejdůležitější makrobiogenní prvky, ze skupiny tzv. *nutrietů*, uplatňující se při všech biologických procesech probíhajících na čištění odpadních vod,
- **sloučeniny fosforu** patří mezi nejdůležitější nutriety ovlivňující eutrofizaci vod,

- **hodnota pH**, neutralizační a tlumivá kapacita, má mimořádný význam, protože ovlivňuje většinu fyzikálně – chemických, chemických a biologických procesů probíhajících na všech druzích vod, hodnota pH se definuje jako záporný logaritmus aktivity vodíkových iontů  $[-\log a(\text{H}^+)]$  a koncentrace  $[\text{mol/l}]$ ,
- **kyslík rozpuštěný ve vodě**, koncentrace rozpuštěného kyslíku je významným ukazatelem jakosti povrchových vod a parametrem při biologickém čištění odpadních vod, vyjadřuje se tzv. *kyslíkový deficit* uvádí se jednotkách  $[\text{mg/l}]$ , nebo v  $[\%]$

#### 2.4.2 Organické ukazatele

- **stanovení organického uhlíku**, výsledky se vyjadřují v mg uhlíku na 1 l vody
- **chemická spotřeba kyslíku**(CHSK)
- **biochemická spotřeba kyslíku** (BSK), označuje se jako pětidenní biochemická spotřeba kyslíku se (BSK5)
- **nepolární extrahovatelné látky** (NEL) a **extrahovatelné látky** (EL), jsou to uhlovodíky ropného původu
- **organicky vázané halogeny** (AOX) toxicita halogenových organických látek, z nichž řada patří mezi hlavní škodliviny,
- **polyaromatické uhlovodíky** (PAU) jsou toxické a karcinogenní, např. benzol,
- **povrchové aktivní látky** (PAL) jsou to tzv. tenzidy,
- **pesticidy** mohou být organické a anorganické povahy např. DDT

### 2.5 Ekonomická hlediska pro návrh a výpočet ČOV

Množství a kvalita přitékajících vod je ovlivněna charakterem oblasti, uživateli vody a stavem stokového systému. U oddílné soustavy je ČOV dimenzovaná průtokem splašků ( $Q_{\text{spl}}$ ). U jednotné soustavy se ČOV dimenzuje průtokem  $Q_{\text{max}} > Q_{\text{spl}}$ .

Průtok biologickou částí ČOV je vždy menší než přítok na čistírnu. Rozdíl mezi kapacitou biologické části a přítokem na čistírnu je rentován v dešťové zdrži. Dimenzování zdrže se používá hydraulické a objemové. Hydraulické dimenzování závisí na předepsané době zdržení. Objemové dimenzování je funkcí průtokem přes biologickou

část ČOV, redukované plochy povodí, intenzity mezního deště, popř. jiného čistírenského parametru.

## 2.6 Základy hydraulického výpočtu čistírny odpadních vod

Pro hydraulický výpočet se stanoví tyto parametry:

- stanovení výškového uspořádání čistírny s vyznačením průběhu hladin v jednotlivých objektech a propojovacích žlabech včetně výšek hladin výpustního objektu a recipientu (podélný profil průtoku čistírnou),
- výpočtu průtočných profilů žlabů a potrubí, výpočtu přelivů a odlehčovacích komor, usazovacích a aktivačních nádrží, rozdělovacích, měrných a jiných objektů,
- určení hydraulických hodnot potřebných pro návrh čerpadel (charakteristika potrubí – křivka vyjadřující závislost tlakových ztrát na průtočném množství).

## 2.7 Stanovení průtoku biologickou částí ČOV

Při výpočtu množství vod je nutno vzít v úvahu odpadní vody od obyvatelstva, odpadní vody ze zemědělství, průmyslu a vody balastní.

### 2.7.1 Odpadní vody od obyvatelstva

Při výpočtu od obyvatelstva je nejvýhodnější vycházet z vody fakturované. Toto množství vody se snižuje cca o 20%. Nedoporučuje se vycházet z prognóz spotřeby vody, protože ekonomické tlaky výrazně snížily spotřebu vody, která se bude dále snižovat.

Průměrný denní průtok získáme vynásobením počtu obyvatel průměrnou produkcí odpadních vod na 1 obyvatele.

$$Q_{dp} \quad (Q_{24p}) \tag{2.1}$$

Maximální denní průtok získáme vynásobením průměrného denního průtoku koeficientem denní nerovnoměrnosti.

$$Q_{dm} = Q_{dp} \cdot k_d \quad (Q_{24m}) \tag{2.2}$$

Maximální hodinový průtok získáme vynásobením maximálního denního průtoku koeficientem maximální hodinové nerovnoměrnosti.

$$Q_{hm} = Q_{dp} \cdot k_h \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2.3)$$

Minimální hodinový průtok získáme vynásobením průměrného denního průtoku koeficientem hodinové nerovnoměrnosti.

$$Q_{\min} = Q_{dp} \cdot k_{\min} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2.4)$$

### 2.7.2 Odpadní vody z průmyslu, zemědělství a ostatní

Odpadní vody z průmyslu a ze zemědělství se rozdělují na vody procesní a vody pro zaměstnance. Spotřeba vod procesních závisí z výrobního procesu. Vody pro zaměstnance se dělí na potřebu pro stravování a pití a potřebu pro mytí. Rozeznáváme průměrný průtok denní  $Q_p$  [ $\text{m}^3/\text{d}$ ,  $\text{m}^3/\text{h}$ ], maximální průtok hodinový  $Q_m$  [ $\text{m}^3/\text{h}$ ], průměrný průtok I.směna  $Q_{pl}$  [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] a maximální průměrný průtok I.směna hodinový  $Q_{ml}$  [ $\text{m}^3/\text{h}$ ].

### 2.7.3 Balastní vody

Balastní vody se stanovují jak měřením tak i odhadem. V našich podmínkách se uvažuje vody balastní 10 – 15 % z celkového množství vod. Pokud je množství balastních vod výrazně vyšší se doporučuje provést úpravy na kanalizační síti. Balastní vody se udávají průměrným průtokem  $Q_p$  [ $\text{m}^3/\text{d}$ ,  $\text{m}^3/\text{h}$ ].

### 2.7.4 Průtok biologickou částí ČOV

Pro návrh biologické částí ČOV je potřebné vypočítat průměrný denní průtok  $Q_{dp}$ , maximální denní průtok  $Q_{dm}$ , maximální hodinový průtok  $Q_{hm}$  a minimální průtok  $Q_{\min}$ .

$$Q_{dp} = Q_{dp} + Q_{pp} + Q_{Bp} \Rightarrow Q_{24p} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2.5)$$

$$Q_{dm} = Q_{odm} + Q_{pp} + Q_{Bp} \Rightarrow Q_{24m} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2.6)$$

$$Q_{hm} = Q_{o24m} + Q_{pm(I)} + Q_{Bp} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2.7)$$

$$Q_{hm} = Q_{ohm} + Q_{pp} + Q_{Bp} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2.8)$$

$$Q_{\min} = Q_{omin} + Q_{Bp} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2.9)$$

U splaškové kanalizace se dimenzuje ČOV na maximální hodinový průtok  $Q_{hm}$ . Pokud se provede vyrovnání přítoku před biologickou částí ČOV je možno dimenzovat ČOV na menší průtok.

Při stanovení průměrných a extrémních hodnot přítoku u jednotné kanalizace se uvažuje množství zředěných odpadních vod, přitékajících při dešťovém přívalu do čistírny po odlehčení za poslední odlehčovací komorou před čistírnou. Vyplývá to z tzv. zředovacího poměru nebo odtoku mezní srážky, které se určují z podmínek ochrany čistoty recipientu, případně z podmínek řešení dešťové zdrže před čistírnou. [2]

## 2.8 Parametry pro stanovení kvality vody

Především je to  $BSK_5$  (*biochemická spotřeba kyslíku*) dále jen  $BSK_5$  udává množství kyslíku potřebného k biochemické oxidaci organické hmoty obsažené ve vodě při 20°C za 5 dní. Při zkoušce se vzorek vody smíchá s čistou vodou nasycenou kyslíkem a uloží se při teplotě 20°C do tmy na 5 dní. Mikroorganismy odbourávají organické látky a přitom spotřebovávají kyslík. Jeho úbytek je tedy měřítkem znečištění. Dalším ukazatelem je  $CHSK_{Cr}$  (*chemická spotřeba kyslíku*) dále jen  $CHSK_{Cr}$ . Organické látky obsažené ve vodě jsou rozkládány pomocí chemického činidla. Při standardní zkoušce se používá roztok dichromanu draselného okyseleného kyselinou sírovou.

## 2.9 Teplota vody

Odborné stanovení minimální a maximální teploty odpadní vody, která má význam především pro funkci biologického čištění, kde by teplota neměla klesnout pod + 10°C.

## 2.10 Kalové hospodářství

Pro návrh každé ČOV musí být řešena problematika kalového hospodářství. V řadě případů je návrh a provoz kalové koncovky limitujícím faktorem konečného efektu čištění a plnění legislativních požadavků na ČOV. Kalové hospodářství je nutno vždy posuzovat ve vztahu k hlavní technologické lince a z tohoto hlediska musí být zaměřeno zejména na:

- omezení negativního vlivu kalového hospodářství na hlavní linku čištění,
- zaručení dobrého provozu celého systému,



- minimalizace provozních nákladů při současném zajištění dobré funkce kalového hospodářství,
- respektování požadavků na ochranu životního prostředí.

Řešení kalového hospodářství je limitováno technickým omezením jednotlivých zařízení ČOV, legislativou a celkovými náklady. Při nakládání s kaly je nutné dodržet legislativní normy vztahující se na kaly, např. při jejich dopravě, použití v zemědělství, skladování, spalování apod. Jedná se zejména o zákon o odpadech, hnojivech a o ovzduší; dále o vyhlášky – katalog odpadů, vyhláška o podrobnostech nakládání s odpady, o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů atd. Důležité jsou také technické normy, např. ČSN Průmyslové komposty. V celkových nákladech se promítnou náklady investiční a provozní, poplatky za monitoring, uložení odpadu na skládkách apod. [5] Právní předpisy a normy přesně stanoví způsob a četnost provádění všech zkoušek na ČOV. Také stanoví přípustné znečištění vypouštěných vod a minimální účinnost čištění. Pro průmyslové odpadní vody je stanoveno ukazatelů mnohem víc s ohledem na možný výskyt celé řady škodlivých látek, které v městské odpadní vodě běžně nenajdeme. [6]

## 2.11 Principy návrhu řešení typu průtokoměru, systému monitorování a řízení

Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a jejich prováděcí vyhlášky předepisují nezbytnost a podmínky měření průtoku pro subjekty, které produkují odpadní vody.

Metrologické požadavky na průtokoměry stanovil zákon č. 505/1990 Sb. o metrologii ve znění zákona č. 119/2000 Sb. a zákona 137/2002 Sb. a jejich prováděcí vyhlášky. [6]

### 2.11.1 Princip magneticko-indukčních průtokoměrů

Měření je založeno na principu Faradayova zákona o elektromagnetické indukci, podle něhož se v elektricky vodivém tělese, pohybujícím se v magnetickém poli, indukuje elektrické napětí. Pro toto napětí platí následující vztah:

$$U = B \cdot D \cdot v \quad (3.1)$$

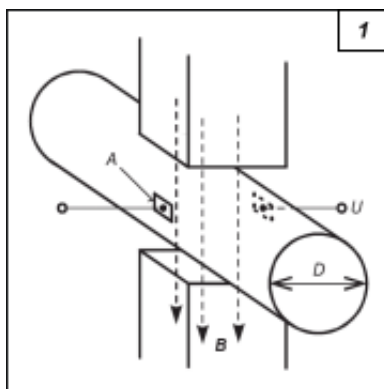
U = Indukované napětí

D = průměr potrubí

$v$  = vektor střední průtočné rychlosti

$B$  = magnetická indukce

Jsou-li magnetická indukce pole  $B$  i průměr potrubí  $D$  konstantní, pak indukované napětí je úměrné střední rychlosti proudění kapaliny. Kapalina protéká průtokoměrem kolmo na směr magnetického pole. Pohybem kapaliny, která musí mít určitou minimální elektrickou vodivost, se indukuje určité elektrické napětí, snímané dvěma elektrodami umístěnými kolmo na směr magnetického pole i směr průtoku. Magnetické pole průtokoměru je vytvářeno budícím proudem s obdélníkovým průběhem, který je generován v převodníku a přiveden na budící vinutí snímače. Systém vynuceného proudu zabezpečuje konstantní buzení za všech okolností, které se v provozu mohou vyskytnout.



Obr. 2. Princip magnetického indukčního průtokoměru

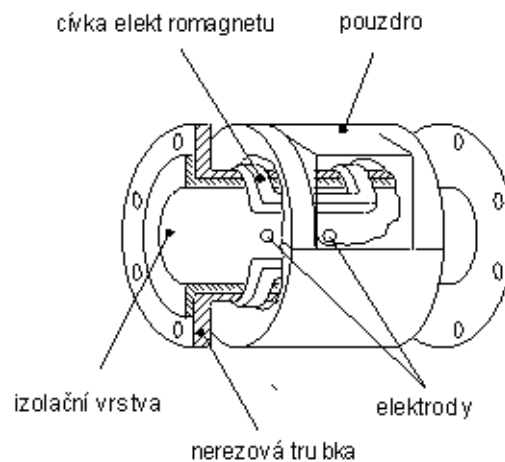
A – plocha elektrod,

D – průměr potrubí (osa elektrod),

Situace je poněkud složitější, protože měřená kapalina se v potrubí nepohybuje stejnou rychlostí a rychlostní profil odpovídá charakteru proudění. Za jistých předpokladů lze dokázat, že indukované napětí je úměrné střední rychlosti proudící kapaliny.

Snímač se skládá z nemagnetické válcové trubky, v níž kolmo na směr magnetických siločar jsou zabudovány dvě elektrody pro snímání indukovaného napětí (Obr.2). Trubky bývají vyrobeny z legovaných ocelí o vysoké pevnosti, aby jejich stěny byly pokud možno tenké. Vnitřní stěna měřicí trubky bývá pokryta elektricky nevodivou vrstvou měkké nebo tvrdé pryže, teflonu či smaltu. Někdy se užívá trubky vyrobené z izolačního materiálu. Indukční průtokoměry se vyrábějí s průměrem od 2 mm do 2 m.

Napájení magnetického obvodu může být stejnosměrné (resp. permanentní magnet), střídavé nebo pulsování. Užitím střídavého napájení lze docílit potlačení polarizačního efektu a eliminace vlivu zemského magnetického pole. Pro různé průměry měřicí trubky se používají různé konstrukce elektromagnetu (Obr.3) znázorňuje příklad uspořádání indukčního průtokoměru. Vnitřní povrch kovové trubky je pokryt izolační vrstvou. Cívky elektromagnetu jsou přiloženy na trubce; kolmo k magnetickému poli jsou zabudovány elektrody.[1]



Obr. 3. Popis konstrukce elektromagnetu

Při měření musí být magnetická indukce udržována na konstantní hodnotě nebo se musí provádět kompenzace. Protože příkon elektromagnetu bývá značný, je konstrukčně vhodnější získávat signál úměrný indukci  $B$  a kompenzaci provést mimo vlastní snímač v elektrickém obvodu.

Tak jako u všech rychlostních průtokoměrů, musí být i u elektromagnetického průtokoměru potrubí zcela zaplněno kapalinou, aby měření bylo stabilní a nevznikla velká chyba. Výhodou je, že snímače indukčních průtokoměrů nenarušují proudový profil měřené kapaliny a jsou použitelné i pro měření průtoku kalů, suspenzí nebo roztoků obsahujících korosivní chemikálie. Nemají žádné vložené části, které by způsobovaly tlakovou ztrátu v potrubí, ani pohyblivé části podléhající opotřebení. Nejsou citlivé na změny viskozity, hustoty nebo tlaku tekutiny a generované napětí velmi přesně odpovídá průměrné rychlosti kapaliny při laminárním i turbulentním proudění. Většina snímačů indukčních průtokoměrů je konstruována tak, aby kapalina mohla proudit měřicí trubici průtokoměru oběma směry.

Pokud se však izolované části a snímací elektrody průtokoměru pokryjí vodivým povlakem, je hodnota indukovaného napětí chybná. Podobně může nevodivý povlak na elektrodách zcela vyřadit průtokoměr z činnosti. Dobrou prevencí proti tvorbě povlaků na elektrodách je udržování dostatečně velké rychlosti proudění kapaliny (min. 2,4 až 4,5 m/s). Rovněž je účelné přizpůsobit konstrukci snímací části průtokoměru pro možnost snadného mechanického, elektrického nebo chemického čištění.

Měřicí signál snímače (senzoru) průtoku se zpracovává a vyhodnocuje v elektronické části průtokoměru, která obsahuje převodník signálu, vyhodnocovací, napájecí a další pomocné obvody. V kompaktním provedení průtokoměru tvoří obě části jedinou montážní jednotku. Elektronická část (převodník) však může pracovat i odděleně a může být např. upevněna na zeď nebo zasunuta do rozváděče.

V poslední době se vyrábějí a používají hlavně inteligentní (smart) indukční (elektromagnetické) průtokoměry, jejichž elektronická část je vybavena jedním i několika mikroprocesory a vedle základní funkce, tj. převodu měřicího signálu na unifikovaný výstupní signál, obvykle proudový (0/4 až 20 mA), popř. frekvenční nebo impulzní, zajišťuje i úpravy a digitalizaci měřicího signálu, filtraci, automatickou kalibraci, digitální zobrazení měřeného průtoku a obousměrnou komunikaci s počítačem nebo nadřazeným řídicím systémem. Nežádka jsou vybaveny také integrační funkcí, umožňující stanovit celkové množství proteklé kapaliny.

Programovatelný průtokoměr se pro dané použití konfiguruje ručně tlačítky nebo přes komunikační rozhraní dálkově z počítače. Konfigurační a provozní data i údaje o přístroji se ukládají v elektronické části do energeticky nezávislé paměti, kde zůstanou uchována i pro pozdější použití. Průtokoměr lze tedy po předchozím vypnutí uvést do provozu bez programování, nastavování a případný servisní zákrok může často provést i personál s minimálními technickými znalostmi. Většina převodníků je vybavena zobrazovačem LCD, na němž lze ve správných fyzikálních jednotkách pohodlně odečítat v digitálním tvaru průtok, proteklé množství, teplotu, ale nabízí i menu, jednoduché texty nebo druh zjištěné chyby. Některé převodníky jsou univerzální a dají se použít ve spojení se snímací částí od libovolného výrobce.

Velmi užitečná je obousměrná komunikace mezi inteligentním převodníkem a nadřazeným PC nebo řídicím systémem. Přitom jsou přenášeny nejen údaje o měřené hodnotě průtoku, ale i diagnostické údaje o stavu senzoru, informace o zaplněnosti potrubí apod. Jsou k tomu využívány jak standardní proudová linka s protokolem HART,

tak i průmyslové komunikační sběrnice (Profibus, aj.) nebo síť Ethernet (Profinet). Z PC lze vhodným programem pohodlně zkonfigurovat průtokoměr pro konkrétní aplikaci, tzn. zvolit parametry odpovídající druhu média, nastavit měřicí rozsah, časovou konstantu a tlumení, zajistit optimální kompenzaci provozních vlivů a parametrů potrubí, kalibraci aj. Počítač může číst konfigurační data naprogramovaného průtokoměru, uložit je do paměti a použít pro naprogramování dalších průtokoměrů. Rovněž může přečíst naměřené hodnoty a v digitálním tvaru je podle vloženého programu zpracovat a vyhodnotit.

Magneticko-indukční průtokoměry různých výrobců se pochopitelně liší mechanickým uspořádáním i obvodovým zapojením. Nabízené magneticko-indukční průtokoměry se vesměs vyznačují velkou robustností, vysokým stupněm krytí, velkým rozsahem provozních teplot média i prostředí, odolností proti chvění a vibracím a často i jiskrovou bezpečností pro provoz v prostředí s nebezpečím výbuchu. Samozřejmostí je splnění náročných požadavků elektromagnetické kompatibility podle norem EN a přidělená značka shody CE.[1] [6]

### 2.11.2 Předpoklady pro správnou funkci průtokoměrů

Pro správnou funkci indukčního (elektromagnetického) průtokoměru je nutné splňovat několik důležitých předpokladů:

- Měřená kapalina musí být elektricky vodivá tj. musí mít dostatečnou koncentraci elektricky nabitých částic – iontů a elektronů a antimagnetická, což splňuje většina roztoků na bázi vody,
- Část potrubí se snímacími elektrodami, tzv. měřicí trubice, musí být zhotovena z magneticky a elektricky nevodivého materiálu. Je-li trubice kovová, musí být její vnitřní povrch pokrytý vhodnou izolační výstelkou (např. keramickou, teflonovou, neoprénovou apod.).
- Pro měření je třeba zajistit magnetické pole s konstantní hodnotou magnetické indukce  $B$ , popř. vliv proměnné magnetické indukce účinně kompenzovat. Analýza různých hledisek pro volbu druhu a časového průběhu magnetického pole (stejnoseměrné, střídavé, impulsní), které má klíčový vliv na chování indukčního průtokoměru.
- Na elektrodách měřicí trubice jsou spolu s užitečným signálem, který je úměrný rychlosti proudění kapaliny, přítomná také různá rušivá napětí, vyvolaná

vlastnostmi měřené kapaliny, potrubí a elektrických obvodů generujících časově proměnné magnetické pole, souhrnně označovaná jako šum.[6]

### 2.11.3 Předpoklady pro správnou funkci průtokoměrů

(Tab.1) Nejdůležitější návrhová kritéria pro určování typu průtokoměrů. [6]

Tab. 1. Návrhová kritéria pro určování typu průtokoměrů

KRITERIUM	ROZHODOVÁNÍ
Finanční rozvaha	Při ceně vypouštěných vod volit zařízení přesnější a tedy i dražší Když investici vyvolají legislativní požadavky, pak volit nejlevnější měření splňující požadavky legislativy (např. pro malé průtoky)
Lokální vlivy	Klimatické podmínky (hory, nížiny, město, komunikace, ČOV) Pravděpodobnost poškození, zcizení, vandalismu
Použití	Stabilní ( při dlouhodobém použití) Přenosné (při krátkodobém využití – vývoje a trendy v lokalitě)
Charakter proudění	V otevřeném profilu (např. kanály, kanalizace, potoky) V profilu s uzavřenou hladinou (např. tlaková potrubí)
Kvalita vody	Volit zařízení odpovídající kvalitě vody (rozvaha vlivu eroze, koroze, ucpávání, zanášení – samočištění, inkrustace a bionárasty)
Průtok vody	Návrh průtokoměru s odpovídajícím rozsahem (výpočet a – odhad rozsahu průtoků)
Hydraulické podmínky	Vyhovující podmínky na přítoku a na odtoku v celém rozsahu průtoků Vzdutí před měřením při všech průtocích neovlivňuje funkci kanalizace Sedimentace, eroze
Přesnost Životnost spolehlivost	Je vhodný pro daný účel a použití Nedochází v čase a vlivem provozu ke změnám Je srovnatelná ostatními zařízeními v lokalitě Splňuje bezpečně požadavky legislativy
Ztráta energie	Vysoká....přelivy ostrohranné Střední ...měrné žlaby, přelivy se širokou nebo krátkou korunou Nulová...ultrazvukové a magneticko indukční přístroje Q-h křivka
Požadavky na instalaci	Dostupnost pro obsluhu Kompatibilita s ostatními zařízeními Stabilní funkce při různých provozních podmínkách Náročnost stavebních prací (obtoky, úprava kanalizace, šachty, atd.) Lhůta výstavby
Vliv na prostředí	Vliv provozu a samotné existence zařízení na okolí (např. aerosoly, hluk, četnost obsluhy)

## 2.12 Komunikační brány v protokolu TCP/IP

Rodina protokolů TCP/IP se zabývá prakticky jen fyzickou a linkovou vrstvou. V praxi se i v Internetu používají pro fyzickou a linkovou vrstvu často protokoly vyhovující normám ISO OSI, které standardizoval ITU (*International Telecommunication Union*, dále jen ITU (*Mezinárodní telekomunikační unie*)).

### 2.12.1 I. vrstva

IP protokol (*Internet Protocol*) dále jen IP na rozdíl od linkových protokolů dopravuje data mezi dvěma libovolnými počítači v Internetu, tj. i přes síť LAN.

IP-protokol je tvořen několika dílčími protokoly:

- Vlastním protokolem IP
- Služebním protokolem ICMP sloužící zejména k signalizaci mimořádných stavů.
- Služebním protokolem IGMP sloužícím pro dopravu adresných oběžníků.
- Služební protokoly ARP a RARP, které jsou často vyčleňovány jako samostatné, na IP nezávislé protokoly, protože jejich rámce nejsou předcházeny IP-záhlavím

**Protokol ICMP** (*Internet Control Message Protocol*) dále jen ICMP je služební protokol, který je součástí IP – protokolu. Tento protokol slouží k signalizaci mimořádných událostí postavených na IP protokolu.

**Protokol IGMP** (*Internet Group Management Protocol*) dále jen IGMP je služební protokol, podporující tzv. skupinové vysílání (multicasting).

**Protokol ARP** (*Address Resolution Protocol*) dále jen ARP je služební protokol, který řeší problém zjištění linkové adresy protější stanice ze znalosti její IP-adresy. ARP paket je balen přímo do Ethernetu, tj. nepřechází do žádné IP-záhlaví. Protokol ARP je vlastně samostatný, na IP nezávislý protokol.

**Reverzní protokol RARP** (*Reverse Address Resolution Protocol*) dále jen RARP Reverzní protokol RARP slouží k překladi linkové adresy na IP adresu. Tento protokol používají bezdiskové pracovní stanice, které neznají svojí IP adresu.

### 2.12.2 II. vrstva

Protokol TCP (*Transmission Control Protocol*) dále jen protokol TCP je proti protokolu IP protokolem vyšší vrstvy. Zatímco protokol IP přepravuje data mezi libovolnými počítači v Internetu, tak protokol TCP dopravuje data mezi dvěma konkrétními aplikacemi běžícími na těchto počítačích. Pro dopravu dat mezi počítači se využívá protokol IP. Protokol IP adresuje IP-adresou pouze síťové rozhraní počítače. Protokol TCP je spojovanou službou (*connection oriented*), tj. službou která mezi dvěma aplikacemi naváže spojení – vytvoří na dobu spojení virtuální okruh. Tento okruh je plně duplexní. Přenášené bajty jsou číslovány. Ztracená nebo poškozená data jsou znovu vyžádána. Integrita přenášených dat je zabezpečena kontrolním součtem.

#### ***Protokoly TCP/UDP***

Protokoly TCP a UDP (*User Datagram Protocol*) dále jen UDP odpovídají transportní vrstvě. Protokol TCP dopravuje pomocí TCP segmentu, které jsou adresovány jednotlivým aplikacím. Protokol UDP dopravuje data pomocí tzv. UDP datagramů. Protokol UDP je jednoduchou alternativou protokolu TCP. Protokol UDP je nespojovaná služba (na rozdíl od protokolu TCP), tj. nenavazuje spojení.

Protokoly TCP a UDP zajišťují spojení mezi aplikacemi běžícími na vzdálených počítačích. Protokoly TCP a UDP mohou zajišťovat i komunikaci mezi procesy běžící na témže počítači.

Rozdíl mezi protokoly TCP a UDP spočívá v tom, že protokol TCP je tzv. spojovanou službou, tj. příjemce potvrzuje přijímaná data. V případě ztráty dat (ztráty TCP segmentu) si příjemce vyžádá zopakování přenosu. Protokol UDP přenáší data pomocí datagramů, tj. odesílatel odešle datagram, a už se nezajímá, zdali byl doručen. [2]

### 2.12.3 III vrstva

Obsahuje protokoly (aplikace), které se už přímo využívají ke komunikaci po síti.



**FTP/TFTP** (*File Transfer Protocol Trivia*) dále jen FTP slouží k přenosu souborů mezi počítači spojenými do sítě. TFTP je jednodušší varianta k FTP.

### **HTTP/HTTPS**

(*Hyper Text Transfer Protocol*) dále jen HTTP/HTTPS slouží k přístupu na www stránky. HTTPS je zabezpečený (šifrovaný) přenos www stránek.

### **TELNET**

(*Telecommunication Network*) dále jen TELNET vytváří terminálový provoz. Můžeme pracovat se vzdáleným počítačem stejně jako bychom seděli u terminálu bezprostředně k němu připojeném. Protože komunikace probíhá bez šifrování představuje jeho používání bezpečnostní riziko. Náhradou za TELNET je SSH (*Secure Shell*) dále jen SSH, který komunikuje šifrovaně.

### **POP3** (*Post Office Protocol*)

Slouží k přijímání elektronické pošty poštovním klientem.

### **SMTP** (*Simple Mail Transfer Protocol*)

Slouží k odesílání elektronické pošty poštovním klientem

### **RPC/XDR** (*Remote procedure call*)

Vzdálené volání procedur. Používá se při požadavku provést výpočet programu na jiném počítači než kde jsou uložena data.

V příloze (Příloha IX) je znázorněno schéma architektury klient – server.

## **2.13 Principy návrhu SCADA systému**

### **2.13.1 Základní vlastnosti systému**

Základem spolehlivého telemetrického systému jsou dobře fungující komunikační kanály, kterými jsou systémy ASŘTP (*automatizované systémy řízení technologických procesů*) dále jen ASŘTP jednotlivých technologických objektů napojeny do telemetrické sítě. Dnešní složité technologické soustavy pak vyžadují, aby byla zajištěna nejen komunikace mezi lokálním PC a centrálním dispečerským pracovištěm, ale aby komunikace probíhala i mezi jednotlivými lokálními automaty navzájem. Dále je

nezbytné, aby komunikační systém umožňoval přenos téměř libovolného komunikačního protokolu po jedné přenosové síti.

**Vlastní komunikační systémy je možno z hlediska funkce rozdělit na dva druhy:**

Systémy ON-LINE – spojení mezi centrem a lokálním systémem ASŘTP či dvěma nebo několika systémy je trvalé, přenos dat je zajištěn adresnou komunikací v jednotlivé paketové síti. Mezi takovéto prostředky patří rádiové datové sítě nebo komunikační prostředky na bázi GSM, GRPS apod.

Systémy OFF-LINE – spojení funguje po nezbytnou dobu, pak se komunikační kanál rozpojí. Mezi takovéto systémy patří např. klasický telefonní modem, GSM modemové přenosy, přenos pomocí SMS zpráv apod.

Aby bylo možné dodržet a dále rozvíjet požadavek integrace různých lokálních řídicích systémů, měl by se dispečerský systém provozované technologické soustavy založit na standardních a otevřených subsystémech, kde jednotlivé dále definované části telemetrického systému tvoří samostatně standardními rozhraními na sebe navazující vrstvy.

Dispečerské centrum – počítač, vizuální software včetně nástrojů pro archivaci a následnou analýzu dat

Komunikační systém – soubor zařízení umožňující vzájemné propojení různých zařízení (řídicích systémů),

Lokální systémy ASŘTP – podřízená stanice, PLC automaty, snímače neelektrických veličin apod., zajišťující autonomní ovládání a řízení spolu souvisejících technologických částí.

### **2.13.2 Vodárenský řídicí systém**

Vodárenský řídicí systém má hierarchickou strukturu, jejímž základem je centrální dispečink a telemetrické stanice instalované na jednotlivých objektech nebo průmyslové automaty pro řízení velkých technologických celků. Systém může být rozdělen na menší části, například lokální dispečinky, které si prostřednictvím centrálního dispečinku vyměňují data nebo se vzájemně zastupují. Pro komunikaci mezi jednotlivými prostředky systému se používají rádiové datové sítě, GSM/GPRS přenosy, telefonní modemy, síť WAN/LAN (*Wide Area Network /Local Area Network*) dále jen WAN/LAN a další.

### 2.13.3 Typické aplikace ve vodárenství

- Telemetrické řízení sítí.
- Řízení úpraven a čistíren vod.
- Řízení chemických procesů.
- Řízení mechanických procesů (filtrace).
- Řízení kumulace a čerpání.
- Monitorování kvality vody.
- Monitorování a regulace tlaku.
- Rychlé řízení gravitačních pískových filtrů.
- Ovládání čerpadel.
- Vyhledávání úniků.
- Sledování a minimalizace spotřeby elektrické energie.

### 2.13.4 Dispečerské centrum

V dnešní době je závislé na běžně dostupném hardware a na některé implementaci systému SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) dále jen SCADA- systémy pro průmyslové řízení a sběr dat

Tyto systémy jsou určeny pro tvorbu a provozování dispečerských pracovišť a informačních a řídicích systémů. Použitý aplikační software přináší strukturované zobrazení cele technologie na jedné obrazovce. Využívají se zde přehledná grafická zobrazení cele technologie nebo komplexních parametrů celé technologie a detailní zobrazení technologických částí, mezi kterými lze operativně přepínat. To znamená velkou úsporu pracovní plochy i pohybu obsluhy a možnost okamžitého zobrazení sledované části technologie nebo komplexních parametrů celé čistírny na jednom pracovišti.

Řídicí systém rovněž monitoruje stav cele čistírny odpadních vod. Důležité stavy jako alarmy (vyhlášení havarijního stavu), poruchy zařízení apod., se archivují především pro případ větší závady technologie. V souborech alarmů se skládá datum, čas a charakter vzniklého alarmu případně hodnota, při které alarm nastal. Ostatní stavy se zobrazují obvykle v grafických schématech technologie, kde jejich změny se projeví graficky změnou značky zařízení nebo textovým signálem.

Sledované analogové měřené veličiny se ukládají do archivů měřených hodnot. Všechny archivy je možno vyvolat a zpětně prohlížet případně jejich data dále zpracovávat. Za určité pracovní období (směna, den) je možno vytisknout protokoly, které vyjadřují hlavní parametry chodu čistírny odpadních vod.

U čistíren odpadních vod jsou důležité parametry nejen přímo měřené údaje, ale i parametry udávající kvalitu čištěné vody. Tyto parametry se získávají z rozborů v laboratořích (pokud není nainstalován automatický analyzátor) a do řídicích systémů se dodávají dodatečně. Zpravidla se zapisují do přípravné databáze, která se po určitém období (např. měsíce) zpracovává. I výsledky těchto rozborů lze vyhodnotit v rámci řídicího systému. [6]

#### **2.13.5 Základní vlastnosti dispečerského software:**

- grafické zobrazení řízené technologie,
- zobrazení sledovaných parametrů,
- odvozování povelů od přenášených parametrů,
- archivace technologických dat a jejich grafický zobrazovač,
- různé komunikační interface,
- automatické hlášení poruch,
- systém zpracování poruchových stavů,
- možnost implementace speciálních modulů, jako jsou provozní deníky,
- sledování opotřebení čerpadel.
- obvykle na čistírnách s trvalou obsluhou se monitorovací a řídicí systém instaluje na velínu příslušné čistírny. U velkých provozních celků se mohou soustředit vybrané hodnoty z lokálních dispečinků na centrální dispečerské stanoviště,
- v každém případě však dnešní normy předepisují, aby jako minimální zabezpečení bezobslužné čistírny bylo zajištěno hlášení poruchových stavů na pracoviště se stálou obsluhou

#### **2.14 Kriteria pro návrh systému řízení ČOV**

- Velikost ČOV.
- Způsob začlenění do IS/SŘ podniku (informační soustava, soustava řízení).
- Způsob provozování a řízení.

- Organizační začlenění.
- Projekt kontrolního a řídicího systému se založit na provozní filozofii ČOV.

Základem je vyvážený systém s centrálním monitoringem a kontrolou, ale stále umožňující přímý kontakt operátora s provozem, který je nezbytný hlavně v lokalitách, kde se charakteristika městských odpadních vod mění v průběhu nejen dne, ale i v delším časovém úseku. [6]

## 2.15 Podmínky pro dobrou funkci automatizovaného provozu

- Rovnoměrný přítok odpadních vod na čistírnu.
- Rovnoměrné a známé složení přitékajících vod.
- Správné hydraulické dimenzování nádrží.
- Ostatní podmínky pro řízení procesu.
- Vhodně zvolená technologie.
- Bezchybná funkce zařízení a obsluhy.

## 2.16 SCADA systém

Je komplexní počítačový systém pro sběr, zpracování a archivaci dat a pro dálkové řízení vodárenských a kanalizačních objektů a rozsáhlých vodohospodářských sítí.

Systém je vhodný pro řízení objektů libovolné složitosti a to od nejmenších a nejjednodušších až po rozsáhlé vodovodní a kanalizační sítě pro velké aglomerace. Tato variabilita je dána modulární koncepcí a dodržováním standardů pro tzv. otevřené systémy OSA (*Open System Architecture*) dále jen OSA. Systém je možno budovat postupně, rozšiřovat jej o další prvky a prostřednictvím standardních rozhraní propojovat s cizími systémy.

Řídicí systém je založen na architektuře KLIENT/SERVER. Všechna pracoviště jsou v rámci jednoho objektu spojena počítačovou sítí. Na serveru řídicího systému jsou uložena všechna data systému, tj. definiční databáze měřených signálů, grafická schémata, definice křivkových diagramů, výstupních sestav, systémové archívy a periodické archívy měřených veličin. Server zároveň zajišťuje komunikaci s uzlovou stanicí v protokolu TCP/IP. Na ostatních pracovištích je spuštěn KLIENT řídicího systému, který je se serverem spojen pomocí počítačové sítě a který uživateli nabízí stejné uživatelské rozhraní a všechny uživatelské funkce jako server. KLIENT řídicího

systemu běží pod operačními systémy, nevyžaduje vyhrazený počítač a umožňuje tedy provozovat současně i jiné aplikace.

Přístup k jednotlivým funkcím řídicího systému je zabezpečen pomocí uživatelských účtů a hesel. Tyto účty vytváří a spravuje správce systému. Pro efektivní správu uživatelských účtů umožní systém vytvářet skupiny uživatelů. Každý uživatelský účet obsahuje seznam povolených činností a všechny uživatelské operace ověřuje systém tímto účtem. Ověření uživatelského účtu pomocí hesla je požadováno i při přihlášení se do systému z jiné pracovní stanice (KLIENT). Součástí SCADA systému jsou archívy událostí do kterých se zapisují důležité změny stavů veličin. Pro periodickou archivaci veličin se používá SQL databáze. Definice archivovaných veličin je možno provádět za běhu systému. [6]

### 2.16.1 Nejdůležitější vlastnosti SCADA systémů

Objektově orientovaný SW

Client/server architektura

Uživatelská konfigurace

Přístup chráněný heslem

Databáze v reálném čase

Win 2003 / XP / 2000 /NT

Průběžná (on - line) záloha serverů

ODBC (Open Databáze Connection)

### 2.16.2 SCADA funkce

- program pro konfiguraci a správu řídicího systému i databáze měřených veličin,
- plně grafické prostředí pro zobrazení aktuálního stavu technologie,
- zobrazení historie měřených veličin formou křivkových grafů,
- dlouhodobá archivace a zálohování měřených dat,
- sledování přenosového systému,
- uživatelsky nastavitelná archivace všech událostí v reálném čase za chodu systému,
- modul pro aritmetické a logické operace s měřenými hodnotami, jejich následné ukládání do systému a jejich vizualizace v grafickém schématu

### *Grafická vizualizace*

- vizualizační program
- jednoduchý návrh a animace schémat
- uživatelsky jednoduché ovládání
- verze runtime a editor

Základním prvkem vizualizace je tzv. objekt, což je grafický vektorový symbol, jemuž jsou přiřazeny technologické údaje. U jednotlivých objektů je možno konfigurovat a měnit vstupní a výstupní řídicí signály a formu zobrazení, tedy tvar, velikost, barvy, nastavení atd. Objekty jsou uloženy v knihovně, která je uživatelsky přístupná a je ji možno libovolně měnit a rozšiřovat. Z jednotlivých objektů se skládají mimiky, které zobrazují určité technologické celky, stanici apod. Díky vektorové koncepci je možno používat až 40-ti násobné zvětšení, čehož se zejména využívá při zobrazování detailů na mapách rozsáhlých vodárenských sítí.

### *Aplikace grafů*

- zobrazení analogových a binárních hodnot
- zobrazení až 6-ti křivek v jednom grafu
- zobrazení samostatné osy pro každou křivku
- možnost nastavení vlastností křivek (barva, tloušťka...)
- tisk grafů

Pro zobrazování historických hodnot jsou velmi výhodné grafy. Tyto grafy je možno libovolně nastavit, např. tak, aby v jednom grafu bylo současně více veličin. Je možné měnit barvy, měřítka, časové úseky atd. Stejně jako jiné prvky systému jsou grafy živými objekty, tzn. že při změně dat se také automaticky mění údaje v grafu. To platí i při provádění konfigurace systému, která se provádí při běžném chodu bez nutnosti restartu.

### *Aplikace alarmů*

- aplikace pro signalizaci poruchových stavů,
- samostatná aplikace klient/server s vazbou na SCADA,
- rozdělení alarmů do skupin,
- řazení alarmů podle libovolného kritéria

Dosažení alarmního stavu - tedy situace, kdy dojde k poruše nebo k překročení nastavených hodnot, je zobrazeno na alarmním řádku a také jako zvukový signál. Systém dokáže odlišit až 8 stupňů závažnosti alarmu. Alarmy se stejně jako jiná data ukládají do databáze včetně informace o tom zda, jak rychle a jakým způsobem byl alarm odstraněn.

### ***Protokoly***

- zpracování dle požadavků uživatele
- přehledové tabulky pro dispečerská hlášení
- automatické načítání dat ze serveru
- editace hodnot uživatelem - ruční zadání hodnot

### ***WEB***

- prezentace dat na www stránkách
- autorizace přístupu
- aktuální i archivní hodnoty ze SCADA systému
- přehledové tabulky a grafy (sloupcové i křivkové)

## **2.17 PLC AUTOMAT**

Logické programovatelné automaty PLC (*Programable Logic Controler*) dále jen PLC jsou řízení pro různá technologická zařízení. Dále pak v případě zobrazování údajů a zpráv pro obsluhu i displeje. To se děje v závislosti na vstupních signálech od senzorů (bezdotykové spínače, koncové spínače, různá čidla, atd.) a ovládacích prvků (tlačítka, přepínače, klávesnice, apod.). Změnou tohoto programu je potom možné upravit funkci zařízení podle konkrétní potřeby bez nutnosti montáže dalších elektrických prvků a bez změny elektrického zapojení.

PLC se vyrábí v provedeních od malých, kompaktních - obsahujících řádově desítky vstupů a výstupů až po velké, modulární, které je možné rozšiřovat přidáním potřebných modulů a obsluhovat stovky vstupů a výstupů. Na displejích, ať již samostatných nebo integrovaných do PLC, lze zobrazovat kromě jednoduchých textových zpráv a dat i graficky znázorněné prvky technologických zařízení nebo celých výrobních linek a jejich aktuálních stavy. [11]





## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

### 3 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Přístup k řešení návrhu technologie měření, monitorování a zařízení:

- Způsob informačního zabezpečení,
- Návrh technologického řešení,
- Návrh měření a řízení,
- Návrh informačního systému

#### 3.1 Přístup řešení návrhu technologie měření, monitorování a zařízení

Oblast výroby a distribuce pitné vody, čištění odpadních vod a vodní hospodářství je příkladem přínosu bezdrátové komunikace pro zjednodušení a zefektivnění řízení celého systému. Aplikace v této oblasti představují rozsáhlé distribuované systémy, které lze většinou propojit pouze bezdrátovými komunikacemi. Přenos informací mezi čerpací stanicí a ČOV je dnes základem pro řízení efektivní distribuce vody. Sběr dat z měřících šachet a jejich přenos na centrální dispečink zase zajišťuje rychlé odhalení poruch a minimalizaci ztrát. Systém řídí PLC automat. K automatu bude napojena většina zařízení čistírny. Dispečerské pracoviště na ČOV je formou on-line komunikace rádiovou cestou propojeno s řídicím dispečerským pracovištěm.

Celkové čerpané množství bude měřeno na výtlaku magneto-indukčním průtokoměrem. Typ navržen jako podzemní. Tělo čerpací stanice bude vytvořeno prefabrikovanou jímkou Ø2,00m. Proti vztlakový límec a stropní desku s obdélníkovým otvorem 0,6x1,1m a Ø 0,6m (vstupy) a prostupy pro potrubí a elektrické kabely. Prefabrikovaná jímka bude osazena na podkladním betonu, vybetonovaném na štěrkopískovém podsypu. Uvnitř bude mít dno spád dno k čerpadlům spádovými klíny z vodo-stavebního betonu. Strop zákrytové desky bude vytažen nad okolní terén. Vstup do čerpací stanice bude zajištěn pomocí stupadel z ramlí na mezi-podestu z kompozitního materiálu osazeného do ocelového pozinkovaného rámu, který bude do stěn ČS ukotven přes ocelové plotny kotvami. Podélný řez šachtou je znázorněn na obrázku (Příloha IV).

##### 3.1.1 Popis technologie přečerpávací stanice

PČS (*přečerpávací stanice*) dále jen PČS je navržena podle typu čerpaného média a s důrazem na ekonomiku provozu. PČS bude pracovat v automatickém provozu,

obsluha bude provádět pouze občasný dohled. V této PČS je navržen magneto-indukční průtokoměr. PČS budou osazena 2 čerpadla se 100% rezervou. Použitá čerpadla jsou navržena pro čerpání daných odpadních vod, která mají dostatečnou průchodnost, a jsou odolná proti abrazi pískem. Výměna čerpadel bude možná bez vyčerpání jímky (za provozu). Na vtoku do PČS bude osazen nerezový česlicový koš nebo předřazený nerez. Na vtoku do PČS bude osazen osadit nerezový česlicový koš nebo předřazené nerezové česle. Česlicový koš bude konstrukčně uzpůsoben tak, aby nemohlo dojít při zvýšení hladiny k vyplavení zachycených nečistot. Průliny mezi česlicemi budou 2 až 4 cm podle průchodnosti čerpadel. Na výtlaku za každým čerpadlem bude zpětná klapka a uzavírací armatura. Veškerá potrubí v čerpací stanici budou navržena z nerez oceli. Všechny poklopy musí být uzamykatelné. Rozvaděč bude umístěn do uzamykatelného technologického objektu na pozemku čerpací stanice, který bude oplocen.

Řízení provozu a signalizace provozu a poruch bude navrženo v souladu s požadavky centrálního dispečinku. Řídicí systém musí provádět pravidelné střídání nainstalovaných čerpadel (v závislosti na čase, na době provozu atd.). Obsluha bude mít možnost tento interval měnit v závislosti na provozních podmínkách (množství písku, „zaplynování“ čerpadel), případně ovládat čerpadla ručně. Spínání čerpadel bude ovládáno tenzometrem, havarijní hladina bude hlídána plovákovým spínačem. Zapínací hladina musí být zvolena tak, aby byla čerpadla stále zavodněná.

Stavební řešení PČS je znázorněno v příloze (Příloha I) a její podélný řez.

Schéma popisující navržené umístění průtokoměru a čerpadel je znázorněno v příloze (Příloha II a III), příčný řez šachtou včetně legendy je znázorněno v příloze (Příloha IV).

Pro správný a bezporuchový chod čerpadel je nutné před přečerpávací stanicí vybudovat další šachtu, ve které budou osazeny odvzdušňovací ventily.

Schéma této odvzdušňovací šachty je znázorněno v příloze (Příloha V), legenda odvzdušňovací šachty je znázorněna v příloze (Příloha VI).

### **Technické řešení ponorného kalového čerpadla**

Pro návrh typu čerpadla vycházím z jeho parametrů a čerpání daného média pro které je určeno. Navržené zaplavitelné ponorné motorové čerpadlo v blokovém provedení pro vertikální instalaci do mokrého prostředí pro čerpání splaškové vody a odpadní vody

s obsahem fekálií. Velký průchod oběžným kolem zabezpečuje spolehlivý provoz. Integrované ochranné kontakty vinutí (WSK) zabezpečují motor před tepelným přetížením. Motor s přímým startem do 4 kW, od 5,0 kW se startem přes hvězdu-trojúhelník. Čerpadlo je vybavené 15m zapouzdřeným kabelem. Technické parametry čerpadla jsou uvedeny v (Tab.2). [8]

Typ čerpadla FA 08.66-195W / T 20.1 – 2/22G

V příloze (Příloha IV) je znázorněn podélný řez čerpadla, jeho schéma usazení do přečerpávací stanice včetně jeho rozměrů (Tab.3). Na obrázku (Obr.4) schéma usazení čerpadla

Tab. 2. Technické parametry čerpadla

<b>Materiály</b>	
Těleso čerpadla	legovaná šedá litina GG 20
Oběžné kolo	EN-GJS-500-7
Pouzdro motoru	Legovaná šedá litina GG 20 hřídel : 1.4021
Těsnění hřídele, na straně motoru : NBR	
Tvar oběžného kola	Oběžné kolo s volným průtokem
<b>Parametry</b>	
Průměr oběžného kola	195 mm
Průchod oběžným kolem	50 mm
Jmenovitá světlost hrdla výtlačku	DN80
Jmenovitý výkon motoru	15,5 kW
Jmenovitý příkon	18,5
Vinutí	3~400V/50Hz
Jmenovitý proud	30,5 A
Druh startu	Hvězda-trojúhelník: 53A
Proti explozivní ochrana	--
Kabel	NSSHÖU-J 7x2,5 NSSHÖU-O 2x1,5
Izolační vrstva	F
Pracovní prostředí suché	S1
Pracovní prostředí mokré	S1
Výbava ochrana do výbušného prostředí	ATEX
Druh krytí	IP 68

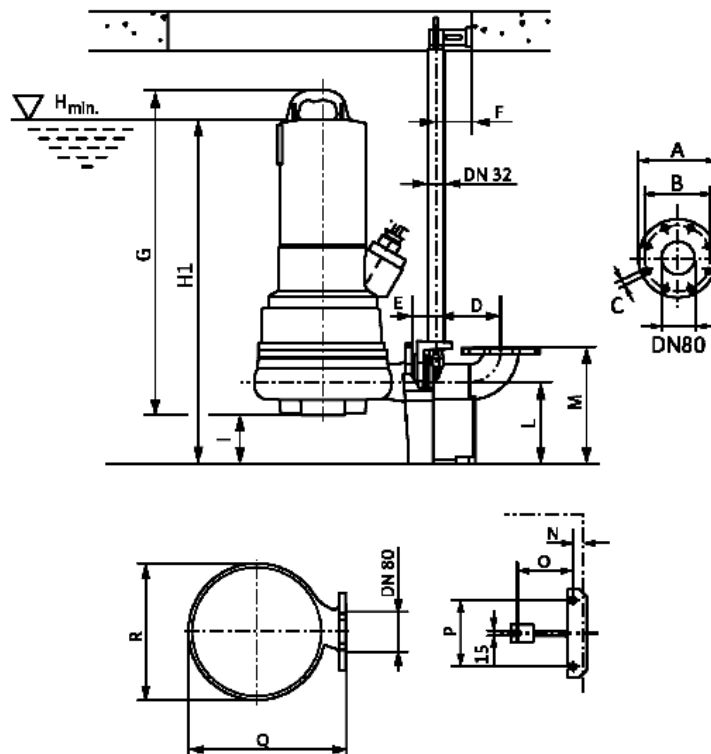
Tab.3. - Rozměry čerpadla

Rozměry čerpadla									
A	B	C	D	E	F	G	H1	H2	J
200	160	18	166	59	90	911	944	939	124
K	I	L	M	N	O	P	Q	R	
344	125	210	300	21	120	170	405	350	

Provozní parametry, údaje o čerpadle a hydraulické údaje jsou uvedeny v (Tab.4).

*Tab.4. Provozní parametry čerpadla*

Provozní hodnoty	
Průtok	9 l/s
Dopravní výška	33,2 m
Teplota kapaliny	20°C
Údaje o čerpadle	
Typ	FA 08.66-195W / T 20.1-2/22G
Typ instalace	Spouštěcí zařízení DN80/2RK 54.17580
Max.teplota kapaliny	4°C
Volný průchod	50 mm
Typ oběžného kola	Vířivé kolo
Konstrukce oběžného kola	Otevřený
Mechanická ucpávka	2QLRD-X
Hydraulické údaje	
Průtok	9,17 l/s
Otáčky	2949 /min
NPSH	3,5 m
Výkon na hřídeli P <sub>2</sub>	7,9kW
Účinnost čerpadla	37,7%
Příkon P <sub>1</sub>	10,4 kW
Sací strana	DN80/PN10
Výtlak	DN80/PN10
Hmotnost	215 kg



Obr. 4. Schéma usazení čerpadla

### 3.1.2 Navržený průtokoměr MP400C

Veškeré provozní hodnoty navrženého průtokoměru MP 400C COMFORT jsou citovány v tabulce (Tab.5).

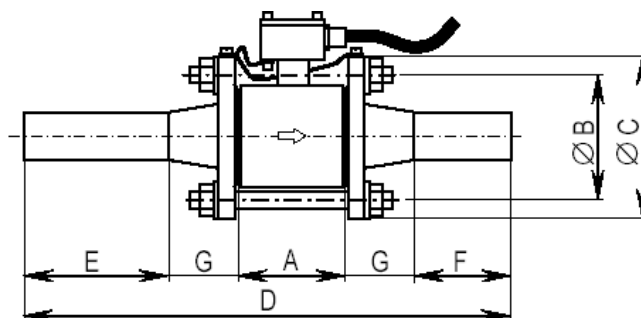
Tab.5. Provozní hodnoty průtokoměru MP400C

Průtokoměr COMFORT ( MP400 C) s displejem	
provedení přírubové	DN10 - DN300
Přesnost	$\pm 1\%$ v rozsahu 2,5% $Q_{max} - Max$
Výstelka snímače	PTFE (standard), guma
Elektrody	nerez (standard), titan, platina
maximální teplota média	150°C
maximální tlak PN	25 bar
Napájení	230VAC, 120VAC / +10 -15% / 50-60Hz
Výstupy	24VDC
	pulsní, proudová smyčka 4-20mA
	sériové rozhraní RS232

### Technické parametry průtokoměru MP400C

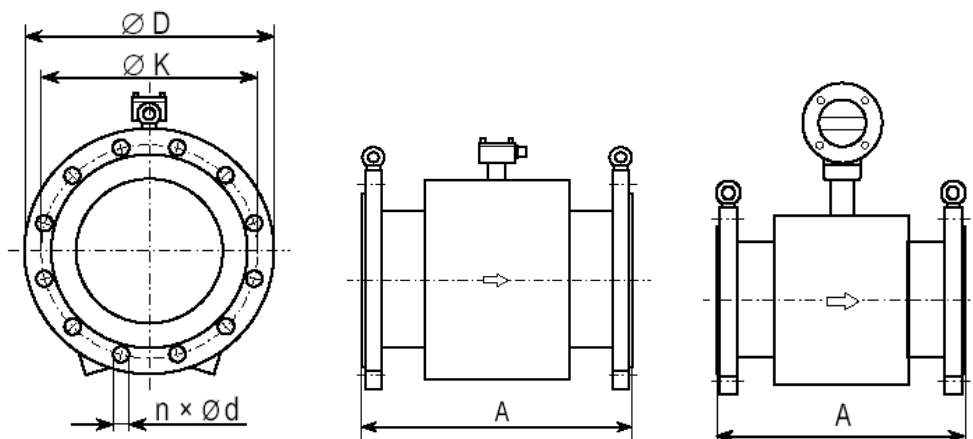
- Pro napájení ze sítě 220-230V / 50-60Hz.
- Jmenovitý příkon je 14VA.
- Průtokoměry MP400C se dodávají s pevně připojeným napájecím kabelem 2x0,75mm<sup>2</sup> dlouhým 1,5m.. Přívod napájení na samostatný jistič 1A.
- Průtokoměry jsou provedeny ve třídě ochrany II podle IEC.
- Napájení: standardní: 230V (+10;-18%) / 50 - 60 Hz.
- Krytí: IP 54
- Třída ochrany podle IEC 536: II
- Teplota okolí: 5 - 55 °C Doporučená teplota okolí: 15 - 35 °C.
- Relativní vlhkost vzduchu: max.90% Atmosférický tlak: 66 - 106 Pa.
- Komunikační rozhraní RS232 průtokoměru MP400C je určeno především pro připojení osobního počítače při nastavování různých funkcí nebo kalibraci průtokoměru.
- Lze jej však s jistou opatrností použít i pro přenos naměřených dat na omezenou vzdálenost.
- U průtokoměru MP400C se doporučuje omezit četnost komunikace při současném měření průtoku na maximálně jednou za 10 sekund.
- Parametry komunikace : 19200 Bd , 8 bitu , bez parity , 2 stop bity , protokol SIMPLE.
- Rychlost komunikace nelze u průtokoměru MP400C měnit. [9]

Veškeré rozměry průtokoměru včetně snímací sondy jsou znázorněny na obrázku (Obr.5),(Obr.6) a v tabulce (Tab.6).



Obr. 5. Rozměry průtokoměru a snímací sondy  
v přírubovém provedení





Obr. 6. Rozměry průtokoměru a snímací sondy v přírubovém provedení

Tab. 6. Rozměry průtokoměru a snímací sondy v přírubovém provedení

DN	PN	A	ØD	ØK	n	Ød	Hmotnost
100	10, 16	250	220	180	8	18	14 kg
	25	250	235	190	8	22	14 kg

Pro komunikaci s průtokoměry se dodává program VIEW32. Tento program umožňuje zobrazit na monitoru osobního počítače všechny nastavené, změřené a archivní údaje nezávisle na tom, jestli se zobrazují na displeji průtokoměru. Program VIEW32 navíc umožňuje nastavení různých funkcí průtokoměru a také kalibraci na ověřovacích linkách průtoku.[9]

### 3.1.3 Systém ovládání kalových čerpadel

Ovládání kalových čerpadel M1, M2 může probíhat v několika režimech:

#### ČERPADLO M1

##### Ručně

- Pomocí ovladače v rozvaděči,
- Blokace čerpadla proti chodu nasucho plovákem SL1

##### Automaticky

- Jako součást soustrojí čerpadel M1, M2.
- Vzájemnou součinnost uvedených agregátů zajišťuje PLC automat FX1N

#### ČERPADLO M2

### Ručně

- Pomocí ovladače v rozvaděči,
- Blokace čerpadla proti chodu nasucho plovákem SL1

### Automaticky

- Jako součást soustrojí čerpadel M1, M2.
- Vzájemnou součinnost uvedených agregátů zajišťuje PLC automat FX1N

Soustrojí čerpadel M1, M2 je ovládáno PLC automatem Mitsubishi FX1N na základě těchto provozních parametrů:

- Výšky hladiny splašků v jímce, sledované plovákovými spínači,
- Aktuálního stavu provozních hodin jednotlivých čerpadel. Automat zabezpečuje střídání čerpadel podle naběhaných motohodin tak, aby čerpadla neměla stejný počet provozních hodin (v případě poruchy jednoho je málo pravděpodobná porucha i druhého čerpadla) interval střídání je uživatelsky nastavitelný.
- Automat rovněž zabezpečuje automatický záskok kteréhokoli čerpadla. I v tomto režimu jsou čerpadla blokována proti chodu nasucho plovákem SL1. (Příloha VII, VIII).

Čerpadla jsou v obou režimech chráněna proti chodu nasucho. V případě poruchy kteréhokoli čerpadla **provede automat záskok**. Kvůli průběžné kontrole čerpadel a také proto, aby jedno z nich nebylo jen mrtvou zálohou, zajišťuje automat jejich střídání v nastavitelném intervalu provozních hodin.

**Poruchový stav** na technologii ČSOV A (porucha agregátu, výpadek napětí, hladina mimo nastavené meze, nadlimitní průtok,...) pokud je definován v poruchovém panelu, způsobí na dispečerském počítači **obrazový a zvukový alarm**, resp. aktivaci **telefonního hlásiče**.

**Při eventuálním výpadku spojení s dispečinkem** (nechtěné vypnutí dispečerského počítače, práce na úpravách software, atd.) pokračuje lokální automat v řízení technologie podle naposledy zadaných parametrů provozu. Po obnovení spojení s dispečinkem dojde k okamžité aktualizaci provozních parametrů.

## 3.2 Návrh technologického řešení přenášení dat

### Popis technologie

Telemetrický systém bude zajišťovat sběr dat z čerpací stanice a jejich přenos na dispečink. Součástí čerpací stanice je měřicí šachta průtoku odpadních vod do čerpací stanice. Přenášené informace z měřicí šachty a binární informace o stavu technologie kalových čerpadel (M1 a M2).

Vyhodnocování těchto informací bude využito PLC automatu Mitsubishi MELSEC FX1N-24MT-DSS PLC. Přenos technologických dat na dispečink jako např. střídání čerpadel, bude zajišťovat navržený GPRS modem CGU 04.

## 3.3 Návrh měření a řízení

Základem je PLC automat Mitsubishi FX1N, který je připojen do radiomodemu CGU 04, který zajišťuje přenos dat na dispečink ČOV.

### 3.3.1 Navržený GPRS modem CGU 04

GPRS (*General Packet Radio Systém*) dále jen GRPS modem CGU 04 je určený k vytváření rozsáhlých bezdrátových sítí pomocí technologie GSM-GPRS a to zejména v průmyslu. Pomocí zabezpečených uživatelských protokolů propojí různá zařízení s rozhraními RS232,RS485 a MBUS. Propojí i zařízení, která nekomunikují TCP/IP protokolem standardně používaným v GPRS např.řídící automaty PLC. Pomocí modemů je možné přímo monitorovat a ovládat také jednoduchou technologii díky vstupům/výstupům (I/O). Výhodou je snadná a rychlá instalace, což snižuje pořizovací náklady. Konfiguraci parametrů modemů CGU 04 je možné provádět vzdáleně z jakéhokoliv bodu sítě. K jednomu modemu lze připojit několik nezávislých uživatelských zařízení. CGU 04 lze libovolně kombinovat s rádiovými modemy a IP zařízeními firmy v bezdrátovém komunikačním systému AGNES (Obr.7). [7]



Obr. 7. Interní GSM-GPRS modem SIEMENS CGU 04

#### Technické parametry GPRS modemu CGU 04

- Interní GSM-GPRS modul SIEMENS,
- Vyhovuje normám ČSN EN 60950:2001, ČSN EN 55022:2003, ČSN ETS 300 342 -1:1998 ČSN EN 301 511, v7.0.1; 3GPP TS 51.010–1, v5.5.0,
- Frekvenční pásma EGSM900 a GSM1800,
- GPRS, CSD, SMS komunikace,
- GPRS připojení GPRS multi-slot třída 10 (4+2),
- GPRS mobilní stanice třída B,
- Podpora více než 50 komunikačních protokolů (Modbus, Sbus, MBUS, IEC 870),
- 1 x I/O port (CIO) - možnost připojení až 5 programově nastavitelných modulů analogových/digitálních signálů CIO,
- Teplotní rozsah -20 až +55 °C
- Napájecí napětí 10 až 30 V stejnosměrných
- Spotřeba GPRS TX 3,5 W
- GPRS 1 W
- GSM stand-by 350 mW
- Rozměry 30×90×102 mm (upevnění DIN lišta 35 mm)
- Hmotnost 150 g
- Anténní konektor FME – 50 Ohm
- Uživatelské rozhraní PORT1 – RS232, konektor RJ45 (150 b/s–115 200 b/s)
- PORT2 – volitelné RS232, RS485, MBUS – RJ45 (150 b/s–115 200 b/s)
- Diagnostika záznam podrobných údajů za 4 dny, žurnál událostí (až 10922 záznamů),

- Konfigurace parametrů modemu, měření signálu, testování trasy, měření vnitřní
- teploty a napájecího napětí
- Vysoký stupeň zabezpečení přenosu, komprese dat
- Rozsáhlé možnosti diagnostiky a dohledu nad modemem
- CGU 04 lze kombinovat s rádiovými modemy CDA a CDL nebo IP modemy (Internet/Intranet)
- Možnost naprogramování vlastní aplikace
- Rozsáhlá diagnostika a servisní funkce, vzdálená správa
- Vodárenství – řídicí systémy, čerpadla, hladina vod, vodoměrné šachty

Je i vhodnou alternativou k zálohování důležitých bodů pevných sítí. [7]

System GSM-GPRS je navržen s ohledem na snadný přístup klientů k serverům internetu a intranetu. To je patrné již z protokolu IP použitého na rozhraní mobilních telefonů GSM-GPRS a komunikačních modulů (PPP protokol). Počítač se připojí do internetu nebo intranetu stejným způsobem jako přes telefonní modem. System GSM - GPRS má dvě základní výhody. První je dána definicí normy. Uživatel může být trvale připojen, aniž by trvale zabíral komunikační kanál GSM. Druhou výhodou přinesli operátoři sítí GSM, když v systému GPRS neúčtují čas připojení, ale jen množství přenesených dat. Tyto dvě vlastnosti sítě GSM-GPRS otevřely nové možnosti využití mobilních komunikací.

### 3.3.2 Propojení řídicích systémů pomocí GSM-GPRS

V první řadě musí řídicí systém zvládnout komunikaci v protokolu PPP, aby se přes mobilní telefon dokázal připojit do GSM-GPRS. Protokolem PPP přitom dokáže komunikovat málokterý řídicí automat. Je-li první podmínka splněna, nastane problém s IP adresou. Standardně jsou IP adresy přidělovány dynamicky. Řídicí systém by se mohl chovat jako klient a připojit se na server v internetu. Často je však třeba, aby bylo možné z řídicího systému číst data. Pak je ovšem nutné vyžádat od operátora pevnou internetovou adresu. Poté je řídicí systém přístupný jako internetový server z celé sítě Internet. Pro uživatele by tato varianta mohla být výhodná, kdyby neexistovalo nebezpečí, že bude řídicí systém vystaven, podobně jako jiné a lépe zabezpečené servery, útoku zvenčí. Zejména v současné době je třeba přistupovat k bezpečnostním hlediskům řídicích systémů zvláště seriózně. Řídicí systémy jako servery přístupné z internetu by

jistě příliš přísná bezpečnostní kritéria nespĺňovaly. Pro komunikaci mimo internet je třeba nalézt jiné řešení, jak GSM-GPRS používat. [7]

### 3.3.3 PLC automat Mitsubishi MELSEC FX1N

Základem PS je PLC automat Mitsubishi FX1N, který je připojen do radiomodemu CGU 04, který zajišťuje přenos dat na dispečink ČOV

PLC automat Mitsubishi MELSEC FX1N v sobě spojuje výhody kompaktního automatu s možnostmi pružného rozšiřování modulárního systému řízení. Lze jej rozšířit až na 128 vstupů a výstupů pomocí ucelené řady speciálních funkčních modulů. Funkce FX1N rovněž zahrnují výkonný integrovaný polohovací automat.

Komunikační a datové možnosti FX1N jej činí ideálním pro aplikace, kde jsou kriticky důležité velikost hardware automatu, komunikační funkce, speciální funkce a rychlost zpracování. RS232C MITSUBISHI.(Obr.8)

#### Technické vlastnosti PLC automatu FX1N:

- 14 až 128 vstupů a výstupů
- Vysoká procesní rychlost (0,55μs na jednu logickou instrukci)
- Velká kapacita pro uložení programu (8 000 kroků) a rozsahů zařízení
- Integrovaný polohovací automat
- Komplexní řada speciálních funkcí a rozšiřujících modulů pro individuální požadavky.
- Integrovaný PID automat
- Podpora připojení k otevřeným sítím
- Integrované hodiny
- Uživatelsky přívětivé programování pomocí programovacího softwaru na bázi MS Windows nebo pomocí ruční programovací jednotky
- Analogové zpracování signálu s volitelnými rozšiřujícími adaptéry

Technické parametry PLC automatu FX1N jsou uvedeny v tabulce (Tab.7)

Tab. 7. Technické parametry PLC automatu FX1N

Technické parametry PLC automatu FX1N	
Typ - specifikace	FX1N-24MT-DSS
Napájení	12-24 V DC
Počet vstupů	14
Počet výstupů	10
Digitální výstupy	Tranzistor
Doba na jednu instrukci	0,55 -1 $\mu$ s
Paměť	8 000 kroků EEPROM
Rozměry v mm (WxHxD)	90x90x75



Obr. 8. PLC automat Mitsubishi MELSEC FX1N

### 3.3.4 Grafický operátorský panel Magelis XBT GT

Operátorský panel Magelis XBT GT s úhlopříčkou displeje o délce úhlopříčky délky 15". Jedná se o grafický operátorský panel s dotykovou obrazovkou, které svými vlastnostmi patří k nejlepším V nové řadě jsou panely se šesti možnými rozměry displeje, které najdou uplatnění v téměř všech odvětvích průmyslu. Panely řady Magelis XBT GT realistické zobrazení grafických prvků a obrázků, barevná hloubka až 64K. U monochromatických modelů tato řada nabízí osm nebo šestnáct odstínů barvy. Samozřejmě je i několika úrovně nastavení jasu a kontrastu. Od úrovně XBT GT 2000

lze kritické oblasti zobrazení opticky zvýraznit blikáním s možností výběru ze tří frekvencí. Dotykový displej je, mimo nejmenší model, vždy analogový, což umožňuje daleko širší možnosti v ovládní naprogramované úlohy. Rychlé odezvy po dotyku i provozní výpočty zajišťují výkonné 64bitové procesory typu RISC kombinované s velkokapacitní operační pamětí. Ta navíc umožňuje sbírat velké množství dat a používat jazykové mutace. Panely obsahují záložní paměť SRAM s kapacitou 128 nebo 512 KB, zálohovanou baterií. S použitím karet CF (*compact flash*) dále jen CF lze paměť dále rozšiřovat až na 1 GB. Na vysoké úrovni jsou panely Magelis XBT GT i co se týče komunikačního rozhraní a možnosti připojení různých periférií. Lze je použít v konfiguraci RS-232C, RS-422 nebo RS-485. Ve všech rozměrech je možné nalézt modely, kde k těmto sériovým linkám přibudou Ethernet TCP/IP a Modbus TCP. S tímto rozhraním lze využívat další možnosti panelů řady Magelis XBT GT, jako je zabudovaný server FTP (*File Transfer Protocol*) dále jen FTP pro snadný a rychlý přenos souborů a zabezpečené sdílení dat mezi až osmi panely. Vedle toho bude již možné používat také zabudovaný webový server, a to především k diagnostice. Další velkou předností je zabudované rozhraní USB, jehož prostřednictvím lze vytvořený aplikační program nahrávat do panelů daleko rychleji než přes sériové rozhraní a tím šetřit čas. K rozhraní USB je standardní dále možné připojit další zařízení jako tiskárny, čtečky čárových kódů apod. Jejich instalace je snadná, neboť nevyžadují žádné speciální ovladače. U modelů se 7,4" displejem a větších lze využít i univerzální rozhraní se třemi digitálními výstupy (např. pro připojení houkačky, výstražného světla apod.), jedním vstupem pro nové spuštění (*reset*) a zvukovým výstupem. Stupeň krytí jejich čelního panelu je IP65, zbývajících stěn IP20. K programování operátorských panelů Magelis XBT GT se používá vývojový software Vijeo Designer. Jeho nová verze 4.3 obsahuje více než 4000 předem připravených objektů, je možné využívat několikanásobná okna, rozbalovací okna a skripty v jazyce okna a skripty v jazyce tvorby mnohojazyčných obslužných programů, podporující mj. i češtinu. (Obr.9) [7]





Obr. 9. Grafický operátorský panel Magelis XBT GT

### 3.4 Návrh informačního systému

#### Měřicí a řídicí část bude zajišťovat:

- snímání binárních informací o stavech technologie a sítě
- zpracování a vyhodnocení naměřených veličin
- generování signálů pro ovládání čerpadel

#### Rádiová část bude zajišťovat:

- přenos měřených veličin do centra dispečinku.
- přenos povelů a provozních parametrů z dispečinku

Schéma konfigurace radiostanice PČS (Příloha IX).

Celkové schéma přenosu naměřených veličin (Příloha X)

## 4 NÁVRH KOMUNIKAČNÍ BRÁNY V PROTOKOLU TCP/IP

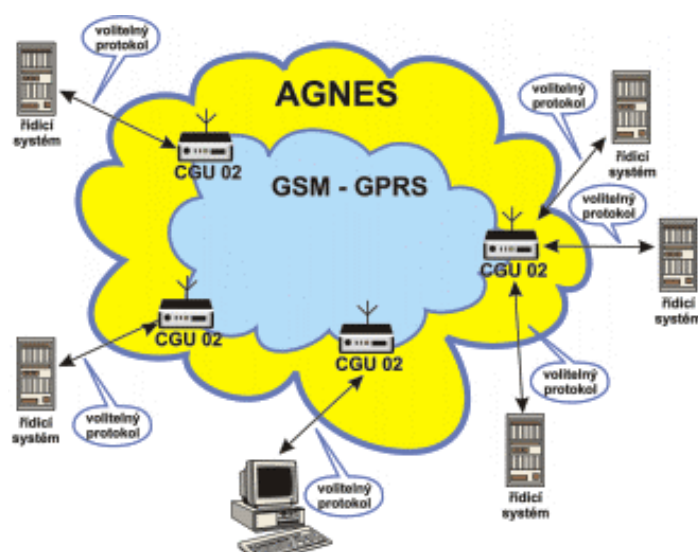
### 4.1.1 Aplikace virtuálních privátních sítí AGNES

Systém AGNES (*Advanced GPRS Network System*) dále jen AGNES, se používá tam, kde je třeba v reálném čase přenášet data mezi několika zařízeními současně. Uživatelům nabízí vytvoření virtuálních privátních sítí VPN (*Virtual Private Network*) dále jen VPN vytvořených nad GSM-GPRS. AGNES využívá infrastrukturu GSM-GPRS jako linkovou vrstvu své komunikace, tedy jako dopravník paketů dat. Aby byl odstraněn problém dynamického přidělování IP adres, poskytl operátor sítě GSM-GPRS pro AGNES privátní APN (*Access Point Name*) dále jen APN Privátní APN je přístupový bod do sítě GPRS, který zajišťuje oddělení adresových prostorů v síti GPRS. Je možné si jej představit jako lokální síť, ve které jsou adresy počítačů přidělovány správcem této sítě nezávisle na vnějším okolí. V systému AGNES mohou mít jednotlivé komunikační prostředky přidělenou pevnou IP adresu, aniž by tato byla přístupná z internetu. Uživatel standardního GSM-GPRS a uživatel v systému AGNES jsou odděleni díky prostředkům operátora sítě GSM-GPRS. Jeho základním stavebním kamenem je komunikační modul CGU 02, vykonávající několik funkcí, které umožňují propojit uživatelské řídicí systémy privátních sítí. Obsahuje rádiový modul GSM, takže se přímo připojuje do mobilní sítě GSM. Uživatelé jsou přístupni čtyři uživatelská rozhraní. Tři z nich jsou sériové porty RS-232, konfigurovatelné podle požadavku uživatele. Každý sériový port může komunikovat nejen jinou rychlostí, ale také rozdílným uživatelským protokolem. V CGU 04 je implementována řada standardních protokolů (Profibus, Mbus, S-Bus, Modbus, AT modem, EPSNET atd.), jejichž počet je rozšiřován podle požadavků uživatelů. Čtvrtým uživatelským rozhraním je pět signálů konfigurovatelných jako analogové vstupy, binární vstupy nebo binární výstupy. Toto rozhraní lze přímo použít pro sběr dat nebo řízení technologie. V systému AGNES může být vytvořeno až 65 535 virtuálních soukromých sítí různých uživatelů a v každé síti může komunikovat až 65 535 uživatelských zařízení. Takovýto systémů může být v síti jednoho operátora vytvořeno několik (Obr.10). [7]

Důležitou funkcí modulu CGU 04 je také vytváření a správa VPN uživatelského komunikačního systému. Každému uživatelskému rozhraní může být přiřazena adresa VPN, na základě které mohou řídicí systémy mezi sebou komunikovat. Modul CGU 04 obstarává obousměrnou konverzi adres mezi VPN a IP adresami (Obr.10).

Základním atributem systému AGNES je bezpečnost VPN. Správa systému je vytvořena tak, aby jednotliví uživatelé měli přístup pouze do svých sítí, a ne do sítí jiných uživatelů. Každé tzv. SIM kartě, která je pro uživatele aktivována, je přidělena pevná IP adresa a zároveň čísla sítí, ve kterých se může vyskytovat. Jestliže je modulu CGU 02 s touto SIM kartou přiřazena jiná adresa sítě, modul není pro tuto síť aktivován a neumožní komunikaci. Zároveň ohlásí tuto kolizi centrálnímu počítači (*Global DNS*), který vyhodnotí, s kterou SIM kartou byl učiněn pokus o přístup do cizí sítě.

Zásadní vlastností řešení je možnost připojit se do sítě AGNES všude tam, kde je k dispozici signál operátora GSM. Použití VPN v systému AGNES je podobné jednoduché jako použití mobilních telefonů. Se systémem AGNES dostává uživatel k dispozici i účinný nástroj pro správu sítě, servis a konfigurování komunikačních modulů CGU 04. [7]



Obr. 10. Virtuální síť (VPN) systému AGNES

Příklad vodárenské aplikace (Obr.11) je schématicky znázorněn jednoduchý příklad. Schéma architektury klient server v typické aplikaci automatizace je znázorněno v příloze (Příloha XI)

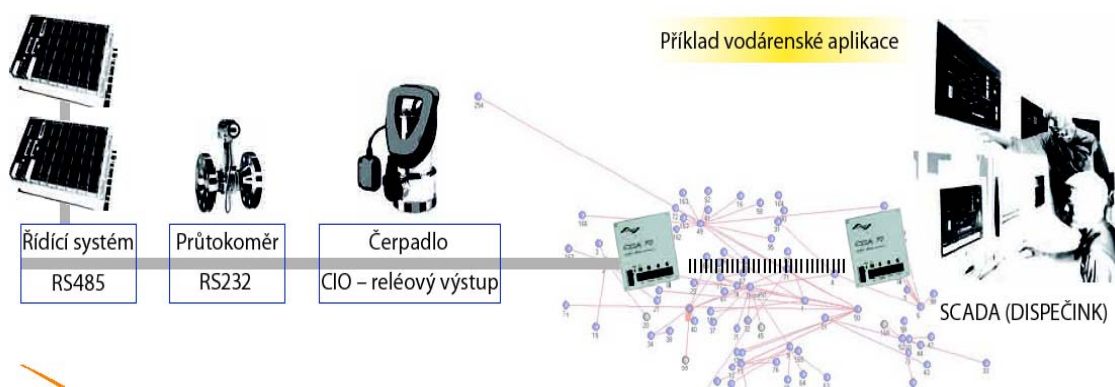
#### 4.1.2 Modulární systém vstupů/výstupů CIO

CIO rozšiřuje možnosti snímání vstupů a řízení výstupů rádiových a GPRS modemů. Do jednoho portu CIO je možné připojit až 5 modulů. Vyrábějí se tři typy modulů - analogový vstup (20mA, 10V, PT100 a další...), digitální vstup a reléový výstup.

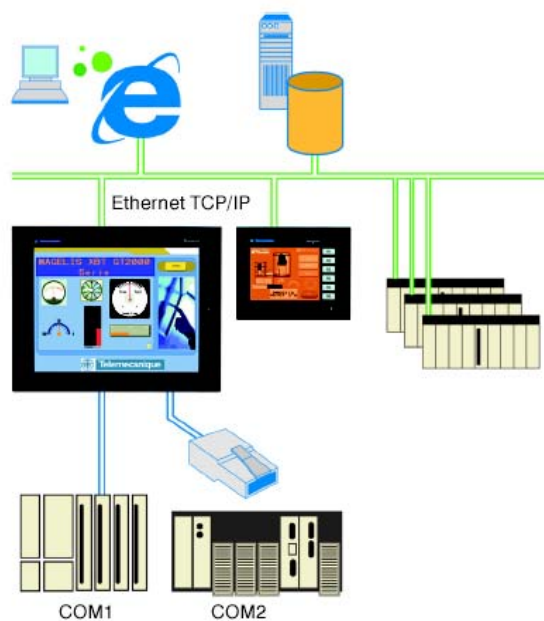
I/O moduly CIO umožňují řízení jednoduché technologie

K jednomu modemu až 5 vstupů/výstupů CIO

Provedení na DIN lištu



Obr.11. Příklad vodárenské aplikace



Obr. 12. Aplikační schéma protokolu TCP/IP

## 5 NÁVRH SCADA SYSTÉMU

V mé DP upřednostňuji komplexní počítačový systém SCADA HMI (*Human-Machine Interface*), dále jen HMI Reliance 4 uvedením na trh přináší další zdokonalení, urychlení a zpřehlednění vývoje vizualizačních aplikací, rozšíření možností využití a zároveň potenciální rozšíření světových trhů, které byly zatím díky jazykovým omezením současné verze nedostupné. Systém Reliance je neustále zdokonalován tak, aby vývoj vizualizace v něm byl ještě přehlednější a pohodlnější, aby se maximálně zkrátila doba potřebná k vývoji aplikací a tím došlo k významným úsporám finančních prostředků. Prioritami jsou spolehlivost systému, vysoká produktivita práce při vývoji a přehlednost aplikace. [10]

### 5.1 Systém SCADA Reliance 4

*Reliance 4 se skládá z těchto softwarových modulů:*

- Reliance Design;
- Reliance View;
- Reliance Control;
- Reliance Server;
- Reliance Control Server;
- Reliance Web Client;
- Reliance Mobile Client;
- Reliance Remote Administrator.

#### 5.1.1 Výhody SCADA HMI Reliance pro koncové uživatele

- zvýšení kvality a produktivity výrobního procesu
- minimalizace výpadků technologie včasným varováním obsluhy
- spolehlivost aplikace díky zabudované redundanci datových toků
- možnost následně analyzovat příčiny výpadku nebo poruchy technologie
- rychlejší vytvoření aplikace systémovým integrátorem = nižší pořizovací cena
- možnost automatického získávání libovolných reportů z výroby e-mailem

- možnost bezpečného přístupu k technologickým datům 24 hodin denně (Internet, GSM – SMS)

### 5.1.2 Výhody SCADA HMI Reliance systémovým integrátorům

- moderní vývojové prostředí RAD se snadným a přehledným ovládáním
- zkrácení doby potřebné pro vytvoření, odladění a nasazení aplikace = nižší náklady
- pro základní funkce není nutné psát žádný programový kód
- jediná verze aplikace se konfiguruje pro všechna pracoviště
- centrální správa rozsáhlých aplikací
- hotová aplikace se jednoduše vyexportuje do webového formátu
- snadná rozšiřitelnost již existujících aplikací
- všechny objekty lze pro přehlednost opatřit komentářem
- snadná orientace v aplikacích i pro nezaškoleného pracovníka
- spolehlivost systému = snížení nákladů na technickou podporu

### 5.1.3 Vlastnosti SCADA HMI Reliance

#### *Vývojové prostředí*

S verzí Desktop je možné vytvářet aplikace typu jeden počítač – libovolné množství stanic. PLC (*programovatelný logický automat*), dále jen PLC, tím se rozumí telemetrická stanice nebo jiné vstupně-výstupní HW zařízení. Verze Desktop neumožňuje tvorbu síťových aplikací ani aplikací určených pro tenké klienty (Reliance 4 Web Client a Reliance 4 Mobile Client). Výsledná aplikace tak umožňuje komunikaci pouze jednoho počítače s libovolným množstvím stanic. Verze Enterprise obsahuje všechny funkce verze Desktop. Navíc je s verzí Enterprise možné vytvářet síťové aplikace s libovolným množstvím nahlížecích a ovládacích vzájemně propojených pracovišť. Verze Enterprise dále umožňuje export existující aplikace do tvaru určeného pro tenké klienty (Reliance 4 Web Client a Reliance 4 Mobile Client). Výsledná aplikace tak umožňuje komunikaci libovolného počtu počítačů s libovolným množstvím stanic a současně předávání dat tenkým klientům.

### ***Runtime moduly***

Runtime modul je program zajišťující běh vizualizačního projektu na počítači koncového uživatele. Umožňuje mj. získávat data z komunikačních driverů (nativních driverů, OPC a DDE serverů), získávat data a alarmy z jiných runtime modulů, generovat a zpracovávat alarmy, archivovat data a alarmy, ukládat záznamy Postmortu, vykonávat skripty. Runtime moduly podporují redundanci a jsou DDE servery. Tyto a některé další funkce jsou společné pro všechny runtime moduly (programy Reliance 4 View, Reliance 4 Control, Reliance 4 Server a Reliance 4 Control Server).

### ***Reliance 4 Control – nejtypičtější modul pro dispečera***

Reliance 4 Control je program, který kromě společných funkcí runtime modulů umožňuje mj. zobrazení vizualizačních obrazovek s aktuálními daty, zobrazení a kvitaci (potvrzení) aktuálních alarmů, zobrazení a tisk historických alarmů, zobrazení a tisk historických dat ve formě grafů a výstupních sestav. K dispozici je správa (diagnostika) běžící aplikace, která umožňuje např. detekci příčiny poruch, např. v komunikaci. Jazyk aplikace je možné přepínat za běhu. Reliance 4 Control umožňuje ovládání vizualizovaného technologického procesu. Je určen pro ovládací pracoviště a řídicí centra. Ovládání lze omezit přístupovými právy na úrovni vizualizačního projektu.

### ***Reliance 4 View – nahlížečský modul pro manažera***

Reliance 4 View je program, který kromě společných funkcí runtime modulů umožňuje mj. zobrazení vizualizačních obrazovek s aktuálními daty, zobrazení a kvitaci (potvrzení) aktuálních alarmů, zobrazení a tisk historických alarmů, zobrazení a tisk historických dat ve formě grafů a výstupních sestav. K dispozici je správa (diagnostika) běžící aplikace, která umožňuje např. detekci příčiny poruch, např. v komunikaci. Jazyk aplikace je možné přepínat za běhu. Reliance 4 View neumožňuje ovládání vizualizovaného technologického procesu. Je určena pro nahlížečské pracoviště, např. pracoviště manažerů a vedoucích pracovníků, kteří potřebují znát historické trendy technologických veličin a aktuální stav technologického procesu, ale nepotřebují do něj zasahovat.

### ***Reliance 4 Control Server***

Reliance 4 Control Server je program, který má kromě společných funkcí runtime modulů všechny funkce programů Reliance 4 Control a Reliance 4 Server. Je určen pro

pracoviště s dostatečně výkonným počítačem, který je schopen zároveň obsluhovat dispečerské požadavky, klientské runtime moduly a tenké klienty (Reliance 4 Web Client, Reliance 4 Mobile Client). V případě rozsáhlých aplikací se však doporučuje pro obsluhu klientů vymezit samostatný server.

### ***Reliance 4 Web Client***

Reliance 4 Web Client je program pro spuštění vizualizace u vzdálených uživatelů prostřednictvím sítě Internet. Je založený na platformě Java (JRE 6.0 / Swing) a je tedy nezávislý na operačním systému a webovém prohlížeči. Reliance 4 Web Client je tenký klient - má pouze část funkcí runtime modulů. Umožňuje mj. zobrazení vizualizačních obrazovek s aktuálními daty, ovládání vizualizovaného technologického procesu, zobrazení a kvitaci (potvrzení) aktuálních alarmů, zobrazení historických alarmů a zobrazení historických dat ve formě grafů a výstupních sestav. [10]

Schéma propojení programů (Obr.21) v počítačovém systému SCADA HMI Reliance 4

### ***Komunikační drivery***

Komunikační drivery zajišťují přenos dat z technologických stanic do vizualizace a přenos povelů opačným směrem takovým způsobem, jakým to vyžaduje komunikační protokol stanic. Komunikační drivery pro některá zařízení jsou součástí Reliance (tzv. nativní komunikační drivery). Tyto drivery vyžadují licenci. Navíc Reliance dokáže komunikovat s jakýmkoli zařízením, pro které existuje OPC nebo DDE server (Reliance je OPC a DDE klientem).

### ***Technologie OPC***

Technologie OPC (*OLE for Process Control*) dále jen technologie OPC je navržena pro propojení Windows-based aplikací s hardwarem pro řízení technologií. Je to otevřený standard zajišťující nepřetržité získávání dat z připojených HW zařízení. Metody získávání dat jsou nezávislé na typu připojeného zařízení. Díky tomu si koncový uživatel může vybrat libovolný software a hardware, podporující standard OPC a nemusí si dělat starosti s dostupností komunikačních driverů pro jednotlivá zařízení.

### ***OPC klient***

OPC klient je aplikace, která získává data z OPC serveru a dále je zpracovává. Typickým příkladem jsou MMI a SCADA aplikace.



### **OPC server**

OPC server poskytuje klientovi data. Je to aplikace vytvořená specificky pro jednotlivá HW zařízení. Vyčítá data ze zařízení a zpřístupňuje je OPC klientovi. OPC klient komunikuje s OPC serverem pevně definovaným rozhraním. Díky tomu může libovolný OPC klient komunikovat s jakýmkoliv OPC serverem bez ohledu na to, pro jaké konkrétní zařízení byl OPC server vytvořen. OPC standard využívá pro komunikaci mezi klientem a serverem technologie Microsoft OLE, která je již řadu let důkladně prověřená a spolehlivá. [10]

## **5.2 Centrální modul PLC TECOMAT FOXTROT CP-1015**

Navržený centrální modul systému Foxtrot (Obr.22) je samostatný řídicí systém vybavený napájecím zdrojem, komunikačními kanály, vstupy a výstupy. Pro jeho programování se používají standardní prostředky (prostředí Mosaic). Na čelním panelu je kromě vyvedeného rozhraní Ethernet k dispozici displej, který zobrazuje základní stav modulu a při držení tlačítka pod displejem nám ukáže aktuální IP adresu rozhraní Ethernet. Zároveň jsou k dispozici signalizační LED diody, které zobrazují základní stav modulu a stavy příslušných I/O modulu. Pohled na centrální modul je na (Obr.8) [12]

### **5.2.1 Základní charakteristiky**

- programovatelný automat (PLC) dle standardu IEC 61131
- výjimečná integrace řídicího systému s novými IT a telekomunikačními technologiemi
- výkonná centrální jednotka s integrovanými převážně analogovými vstupy a s analogovými a reléovými výstupy (I/O)
- typ CP-1015 je rozšířen o vestavěný displej 4×20 znaky a 6 klávesami, dostupné kódování ASCII,
- volitelný slot lze osadit dalšími 7×DI, nebo 4×DI/3×DO na submodulech PX- 781x,
- každý z 6 univerzálních vstupů lze alternativně využít jako analogový nebo binární vstup.
- typ analogového měření (U, I, RTD) na každém vstupu se volí propojkou,
- rozsah měření se nastavuje v uživatelské konfiguraci,

- rozšiřitelná paměť SD/SDHC/MMC kartami, vestavěný souborový systém FAT32,
- vestavěné hodiny a kalendář
- rozšíření počtu I/O až na 134 resp. na 10 modulů na sériové sběrnici TCL2 (345kbit/s),
- rozšíření I/O přes dvoudrátovou elektroinstalační sběrnici CIB (19.2 kbit/s),
- možnost vytvořit síť více PLC TECOMAT v síti LAN Ethernet nebo na sběrnici RS485,
- volně programovatelná dle normy IEC-61131-3,
- programování za chodu,
- programování a komunikace (LAN, WAN, Internet) po Ethernet (100 Mbit/s),
- nastavitelná pevná IP adresa,
- 2 sériové kanály, jeden RS232, druhý s volitelným interfacem z řady MR-01xx (až 345 kbit/s), nastavitelný UART, (typ konvektoru)
- vestavěný PROFIBUS DP Master,
- vestavěný WEB server, volná tvorba uživatelských web stránek na paměťové kartě (XML technologie),(*eXtensible Markup Language*, česky *rozšiřitelný značkovací jazyk*)
- umožňuje vytvořit WEB stránku libovolného připojeného řízeného objektu,
- možno využít jako programovatelný převodník komunikačních protokolů,
- kompaktní rozměry vhodné do standardizovaných elektroinstalačních rozvaděčů, montáž na DIN lištu,

#### ***Vstupy a výstupy:***

Analogové vstupy

Analogové výstupy

Binární vstupy

Alternativní funkce

Reléové výstupy

#### ***Charakteristiky centrální jednotky***

CPU	32bit RISC procesor
Doba cyklu PLC	0,2 ms/1 k instrukcí
Hodiny reálného času RTC	Ano
Zálohování RAM a RTC	500 h bez baterie
Paměť pro uživatelský program a tabulky	20 000 h s baterií 192+64 kB
Zálohování paměti programu	Ano
Interní paměť pro data – DataBox	0,5 MB
Paměť pro archivaci celého projektu	2 MB
Slot pro paměťové karty	Ano, MMC/SD, SDHC
Paměť pro proměnné	64 kB/32 kB remanentních
Počet IEC časovačů/čítačů	4096/8192

### ***Komunikace***

Ethernet;	1× 100/10Mbit/s;
Podporované protokoly	TCP/IP, UDP/ IP, HTTP; SMTP ; MODBUS/TCP, BACnet
Sériové kanály	1× RS232;1×volný slot, volitelné rozhraní
Systémová I/O sběrnice	1× TCL2 (RS485, 345 kbit/s)
Komunikace přes rozšiřovací moduly	8× CIB, MPbus, Opentherm, GSM/ SMS, GPRS
Sběrnice pro elektroinstalaci	1× CIB (19,2 kbit/s)

### ***Napájení***

Jmenovité napětí	(SELV) +24 V DC
Tolerance	-15 % +25 % (20,4 .. 30V DC)
Maximální příkon	8W
Galvanické oddělení	Ne
Zálohování paměti	Vestavěný akumulátor (500 hodin) Držák na baterii CR2032 (20000 h)

### ***Provozní podmínky***

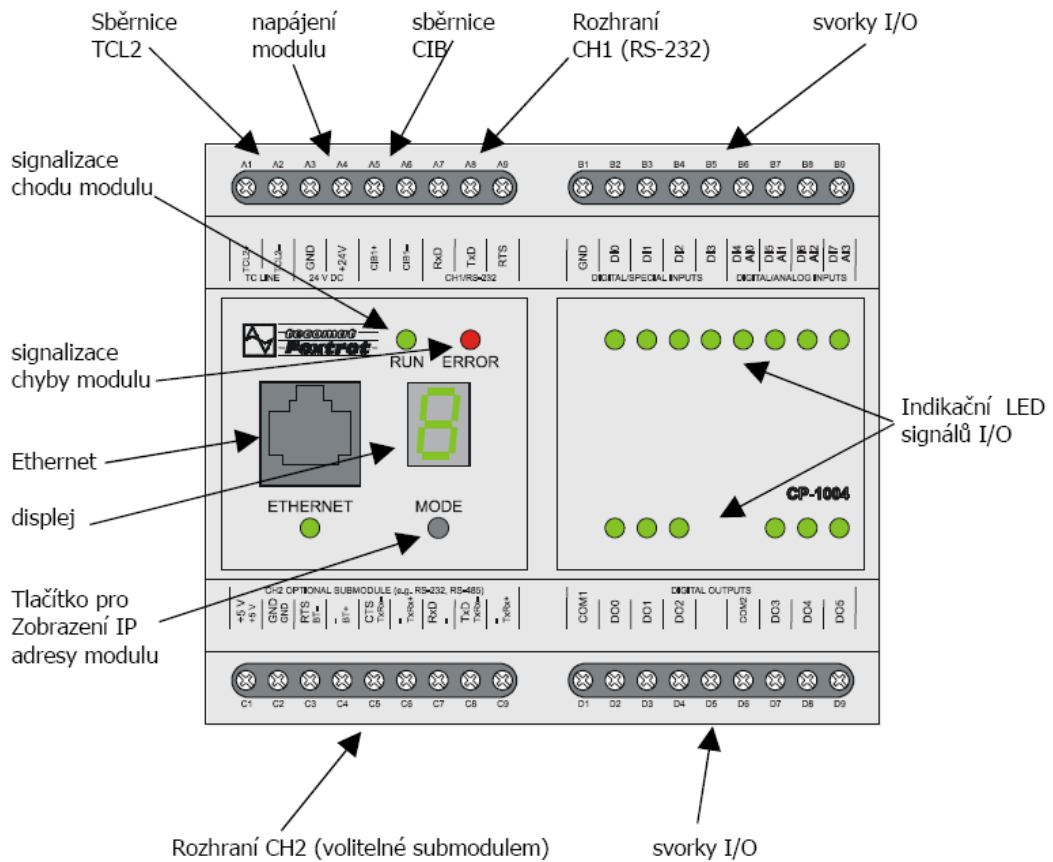
Pracovní teplota	0 .. +55 °C
------------------	-------------

Elektrická pevnost	dle EN 60950
Stupeň krytí	IP IEC 529 IP 10B
Kategorie přepětí	II
Stupeň znečištění	2
ČSN EN 61131-2	
Pracovní poloha	vertikální
Instalace	na DIN lištu
Průřez vodičů	max. 2,5 mm <sup>2</sup>

### **SW nástroje**

Simulátor PLC	vestavěný
Simulátor znakových displejů	Panel Simulator
Editor znakových panelů	Panel Maker
Editor graf. panelů	Graphic Panel Maker
Editor interních WEB stránek (XML)	WEB Maker
Editor a simulace PID regulátorů	PID Maker
Zobrazování a analýza proměnných v čase	Graph Maker
Vestavěná vizualizace	Ano
Tvorba vlastních knihovnic funkčních bloků [12]	Ano

**Čelní pohled na základní modul:**



Obr.13. Čelní pohled na základní modul PLC automatu FOXTROT

Navržené celkové schéma získávání dat z technologického procesu do vizualizačního SCADA systému je znázorněno v příloze (Příloha XII).

## 6 NÁVRH KOMUNIKACE A ŘÍZENÍ

### 6.1 Monitorování jednotlivých objektů

Na základě nejrozšířenějších schémat typů čistíren napojených na běžnou stokovou síť lze jednotlivé objekty a zařízení monitorovat a následně ovládat (Obr.1) řídicím systémem Raliance 4. a PLC Foxtrot. Celý tento technologický proces se navrhuje již jako plně automatizován.

- Lapák šterku, česlicový koš nebo hrubé předčištění nebývá u čistíren o velikosti do 10000 EO.
- Čerpací stanice, odlehčovací objekt, dešťové zdrže a jímky na dováženou odpadní vodu jsou častými objekty automatizace, automatický režim této části zajišťuje rovnoměrnost zatížení biologického stupně a tím umožňuje jeho optimalizaci; jeho dobrá funkce je jedním z rozhodujících ukazatelů pro efektivní provoz čistírny.
- Jemné česle, lisování a ukládání shrabků se řídí nejčastěji kombinovaným spínačem (hladinový, časový) na běžné hlášení poruchového stavu.
- Lapák písku, praní a ukládání písku; provoz a vyklízení se lapače písku se řeší časovým spínačem, bývá zapojena poruchová signalizace.
- Biologický stupeň současně kladené požadavky na čistící efekt jsou velmi vysoké a pokud nové čistírny mají redukovat nutrienty, je nutné probíhající biologické a chemické pochody monitorovat i řídit; tato úroveň automatizovaných systémů řízení technologických procesů (ASŘTP) se uplatňuje zejména ve velkých čistírnách do 10000 EO.
- Dosazovací nádrže, separace aktivovaného kalu od vyčištěné vody a jeho následné čerpání, zachycený kal se automaticky přečerpává v časovém režimu (časové spínání).
- Stabilizace a uskladňování kalu, aerobní stabilizace v automatizovaném provozu, kal jeho čerpání v nastavených časových intervalech. [6]

V příloze (Příloha XIII) je navržené schéma vizualizace z části technologické linky ČOV.

## ZÁVĚR

Téma mé diplomové práce bylo navrhnout řešení principu měření a přenášení dat průtoku odpadních vod. Dále bylo mým cílem navrhnout celé schéma přenášení dat technologických částí ČOV.

V teoretické části jsem uvedl veškeré typy stokových sítí, druhy čistíren, jejich členění podle technologie a principu čištění odpadní vody včetně základního schématu.

V teoretické části mé DP jsem uvedl hlavní hlediska návrhu systému čištění odpadních vod jako určující prioritou pro účinné vyčištění odpadní vody, které šetří hlavně životní prostředí. Směrodatná hlediska pro optimální volbu se všemi legislativními požadavky je závislá na procesní technologii, dále pak na ekologických a ekonomických hledisek pro návrh a výpočet ČOV včetně stanovení průtoku biologickou částí ČOV.

V praktické části jsem navrhl PČS s usazením ponorných motorových čerpadel v blokovém provedení pro vertikální instalaci do mokrého prostředí určené k čerpání splaškové vody a odpadní vody. Jeho parametry plně odpovídají pro jaký typ čerpaného média je určeno.

Na základě dostupných informací jsem navrhl magneto-indukční průtokoměr MPC 400, který se svými parametry plně vyhovuje nejdůležitějším návrhovým kritériím pro určování typu průtokoměru. Princip magneto-indukčního průtokoměru je také součástí DP.

Pro vyhodnocování informací o stavu čerpadel z přečerpávací stanice je navržen PLC automat Mitsubishi MELSEC FX1N a přenos technologických dat na dispečink bude zajišťovat navržený GPRS modemu CGU 04 pomocí privátní sítě AGNES. Celkové schéma přenosu naměřených veličin je také součástí mé DP.

Popis nejdůležitějších vlastností a funkcí SCADA systém jako komplexního počítačového systému pro sběr, zpracování a archivaci dat z technologického procesu rovněž uvádím ve své DP.

Pro návrh konkrétního SCADA systému jsem se rozhodl na základě velmi kvalitního technologického produktu, kterým je systém SCADA HMI Reliance 4 a tento systém uvádím v DP pro monitorování jednotlivých objektů ČOV.

Výběr

Programovatelné automaty TECOMAT, které jsou určeny pro řízení nejrůznějších technologií a technologických procesů svým rozsahem pokrývají aplikace od jednotek

vstupů a výstupů přes větší kompaktní systémy, až po velké aplikace, pro které jsou určeny modulární systémy. Do své DP jsem navrhl novinku a to modulární PLC automat řady Tecomat Foxtrot s rychlým Ethernetem a vestavěným webserverem. Veškerou charakteristiku popisují včetně navržených schémat. Celkové navržené schéma vizualizace části technologického procesu je rovněž součástí mé DP.

Závěrem bych chtěl říci, že k zadání, které jsem si zvolil jsem přistupoval co nejzodpovědněji, podle svých schopností a možností a co nejlépe svých vědomostí využil v mé diplomové práci



## CONCLUSION

The theme of my thesis was to propose solutions and the principle of measuring and transmitting the data flow of sewage. It was my aim to propose the scheme of data transmission from technology parts of SDP (*Sewage disposal plant*).

In the theoretical part, I said all types of sewer networks, types of cleaners, their breakdown by technology and the principle of treatment of sewage, including the basic scheme.

In the practical part of my thesis, I introduced the main aspects of the proposal for treatment of sewage system as determining priority for effective cleaning of sewage, which essentially saves the environment. Authoritative terms for the optimum choice with all legislative requirements are dependent on process technology, as well as the environmental and economic aspects for the design and calculation of SDP, including the determination of the flow in the biological part of SDP.

In the practical part I designed the PCS pumps proposed PCS with the establishment of submersible motor pumps with the block design for vertical installation in wet environment for drawing off sewage and waste water. Its parameters fully comply with type of designated pumped media. Based on available information, I proposed magneto-inductive flow meter MPC 400, which parameters fully comply with the most important design criteria for determining the type of flow meter. The principle of magneto-inductive flow meter is part of thesis.

For the evaluation of information of the pumps status from pumping station the PLC automat Mitsubishi MELSEC FX1N is designed and transfer of technology data to the dispatching will provided by GPRS modem CGU 04 and private network AGNES.

Description of the most important features and functions of SCADA system as a comprehensive computer system for the collection, processing and archiving data from the technological process also present in the thesis.

For design of specific SCADA system I decided on the basis of high quality technological product, that the system SCADA HMI Reliance 4 is, and this system I present in the thesis for the monitoring of individual objects SDP.

### Selection

Programmable logics TECOMAT, which are intended to manage a variety of technologies and technological processes cover applications from the inputs and outputs

through more compact systems to large applications, which are designed for modular systems. Into my thesis I proposed a new modular PLC machine series Tecomat Foxtrot with fast Ethernet and built web server. I describe all the characteristics, including the proposed schemes. Overall the proposed scheme of visualization of technological process is also part of my thesis.

Finally, I would want to say that the assignment, which I choose I am treating with high responsibility according my abilities and capabilities and am applying the best of my knowledge exercised in my thesis.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] ĎAĎO, Stanislav., PLATIL, Antonín., *Měření průtoku a výšky hladiny*. 1.vyd.Praha: Nakladatelství technické literatury BEN, 2005. 448 s. ISBN 80-7300-156-X
- [2] DOSTÁLEK, Libor.KABELOVÁ, Alena., *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS*. 2.vyd. Praha: Copyright - Computer Press, 2000. 426 s. ISBN: 80-7226-323-4.
- [3] PETRÁČKOVÁ, Věra.,KRAUS, Jiří., a kol., *Akademický slovník cizích slov*. 1.vyd. Praha: Academia nakladatelství AV ČR, 2000. 834 s. ISBN: 80-200-0607-9.
- [4] Havlínek, Petr. *Stokování a čištění odpadních vod*. 1. vyd. Brno: Vydává Vysoké učení technické, Fakulta stavební, akademické nakladatelství CERM, 2003. 283 s. ISBN 80-214-2535-0.
- [5] POŠTA, Josef. A kol. *Čistírny odpadních vod*. 1. vyd. Praha: Vydává Česká zemědělská univerzita, nakladatelství Powerprint, 2008. 283 s. ISBN 80-214- 2535-0.
- [6] PYTL Vladimír. *Příručka provozovatele čistírny odpadních vod*. 1.vyd. Praha: Copyright - Medium, 2004. 207 s. ISBN: 80-239-2528-8.
- [7] *IP komunikace – Conel, s.r.o.* [online]. 2007 [cit. 2009-03-03]. Dostupné z: <[http://www. Conel.cz](http://www.Conel.cz) >.
- [8] *Kalová čerpadla* [online]. 2008 [cit. 2009-02-03]. Dostupné z: <[http://www. WILO-EMU.cz](http://www.WILO-EMU.cz) >.
- [9] *Měřidla pro vodárenství, průtokoměry* [online]. 2008 [cit. 2009-03-03]. Dostupné z: < <http://www.elabrno.cz/ke-stazeni.htm> mgi průtokoměry >.
- [10] *RELIANCE Industrial SCADA/HMI systém*. [online]. 2009 [cit. 2009-04-13]. Dostupné z: < <http://www.reliance.cz/cs/products> >.
- [11] *Teco, a.s. Kolín - řídí systémy*. [online]. 07.04. 2009 [cit. 2009-04-13]. Dostupné z: < <http://www.tecomat.cz/docs/cze/Tecomat/txv00411.pdf> >.
- [12] *Teco, a.s. Kolín – PLC Foxtrot* [online]. 07.04. 2009 [cit. 2009-04-13]. Dostupné z: < <http://www.tecomat.cz/docs/cze/Tecomat/txv00410.pdf> >.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

AC	Střídavý proud (ST), např. 230V AC
AL	Analogový vstup
Bd	Baud - parametr komunikace
BI	Binární vstup
CDA	<i>(Communication Decency Act)</i> , Mravní komunikační zákon
CIB	<i>(Common installation bus)</i> , dvou vodičová instalační sběrnice
ČSN EN	Česká norma převzatá z evropských norem
dBm	Decibelmetr – udává citlivost snímače
DC	Stejnosměrný proud (SS), např. 24V DC
DDE	<i>(Dynamic Data Exchange)</i> , dynamická výměna dat
DIN	Tzv. DIN lišta, německá norma, standardní výraz pro přístrojovou lištu do rozvaděčů, na které se přístroje montují
EN CE	Certifikační značka, která je umístěna na výrobku EU, který prošel testováním a je schválen
IEC 68	stupeň krytí, kód tvoří 2 cifry: první udává ochranu před nebezpečným dotykem a před vniknutím cizích předmětů, druhá stupeň krytí před vniknutím vody,
IP68	nejvyšším stupněm ochrany, P – krytí proto vodě
LED	<i>(Light Emitting Diode)</i> , světloemitující dioda
pH	tzv. vodíkový index, stupnice udávající kyselost resp. zásaditost roztoku
RTD	<i>(Resistance temperature detector)</i> , odporový detektor teploty
SELV	bezpečné napětí
UART	<i>(Universal Asynchronous Receiver Transmitter)</i> , Univerzální asynchronní přijímač a vysílač
WSK	integrované ochranné kontakty vinutí
IEC 68	stupeň krytí, kód tvoří 2 cifry: první udává ochranu před nebezpečným dotykem a před vniknutím cizích předmětů, druhá stupeň krytí před vniknutím vody,

**VÝZNAM CIZÍCH SLOV**

Aerace	Obohacování vody vzdušným kyslíkem při úpravě vody a čištění odpadních vod
Akceptor	Atom, nebo iont přijímající nějakou částici od jiného atomu
Anaerobní	Mikrobiální rozkladný proces organického materiálu probíhající bez přístupu vzduchu
Anoxie	Bezokyslíkaté prostředí
Denitrifikace	Denitrifikace biologický způsob odstraňování dusičnanů z vody
Dichroman	draselný, sodný důležitá oxidační činidla
Duplexní	přenášení dat současně na sobě nezávisle oběma směry
Flokulace	pochod při úpravě vody, při němž pomocí srážedel probíhá shlukování nečistot ve vločky padající ke dnu
Inkrustace	ukládání anorganických látek do buněčných stěn rostlin a živočichů
Integrita	Nedotknutelnost
Nitrifikace	Fáze biologického čištění, kdy působením bakterií obsažených v aktivním kalu dochází k oxidaci rozpuštěných amonných solí a amoniaku na dusitany a dusičnany
Nutrient	Biogenní prvek dusíku a fosforu
Oxický	Provzdušňovaný
Parametr	veličina charakterizující daný systém nebo proces
Redox potenciál	oxidačně-redukční reakce, která je základem všech biologických čistírenských procesů.
Retranslace	dálkový přenos signálů rádiovými nebo televizními stanicemi, které přejímají signál od předcházející stanice a po zesílení předávají stanici další
Simultární	současně probíhající např. vysílání

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

- Obr. 1. Schéma principu čištění vody odpadní
- Obr. 2. Princip magnetického indukčního průtokoměru
- Obr. 3. Popis konstrukce elektromagnetu
- Obr. 4. Schéma usazení čerpadla
- Obr. 5. Rozměry průtokoměru a snímací sondy v přírubovém provedení
- Obr. 6. Rozměry průtokoměru a snímací sondy v přírubovém provedení
- Obr. 7. Interní GSM-GPRS modem SIEMENS CGU 04
- Obr. 8. PLC automat Mitsubischi MELSEC FX1N
- Obr. 9. Grafický operátorský panel Magelis XBT GT
- Obr.10. Virtuální síť (VPN) systému AGNES
- Obr.11. Příklad vodárenské aplikace
- Obr.12. Aplikační schéma protokolu TCP/IP
- Obr.13. PLC automat FOXTROT

**SEZNAM TABULEK**

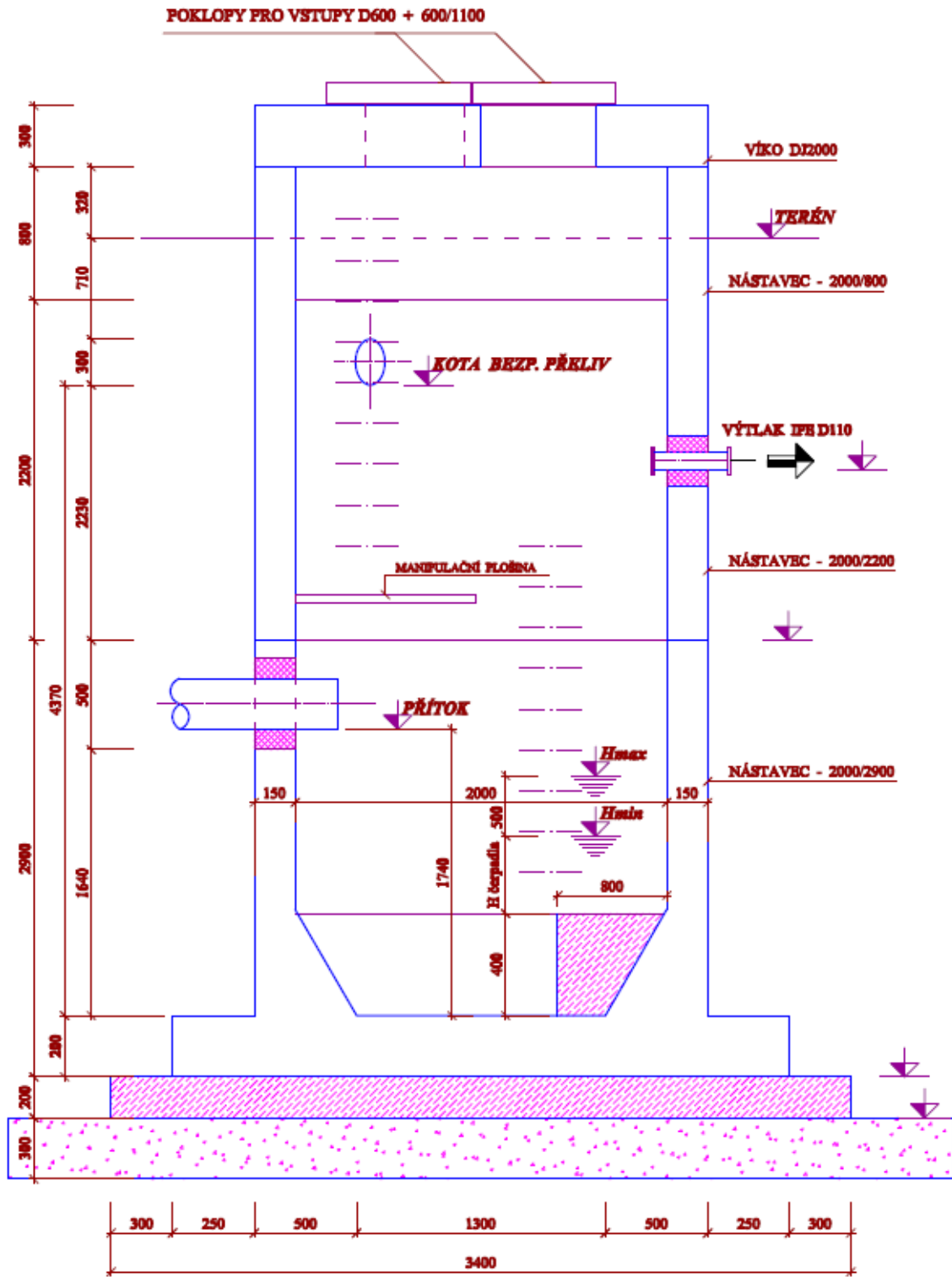
- Tab. 1. Technické parametry čerpadla
- Tab. 2. Rozměry čerpadla
- Tab. 3. Provozní parametry čerpadla
- Tab. 4. Návrhová kritéria pro určování typu průtokoměrů
- Tab. 5. Provozní hodnoty průtokoměru MP400C
- Tab. 6. Rozměry průtokoměru a snímací sondy v přírubovém provedení
- Tab. 7. Technické parametry PLC automatu FX1N
- Tab. 8. Čelní pohled na základní modul PLC automatu FOXTROT

## SEZNAM PŘÍLOH

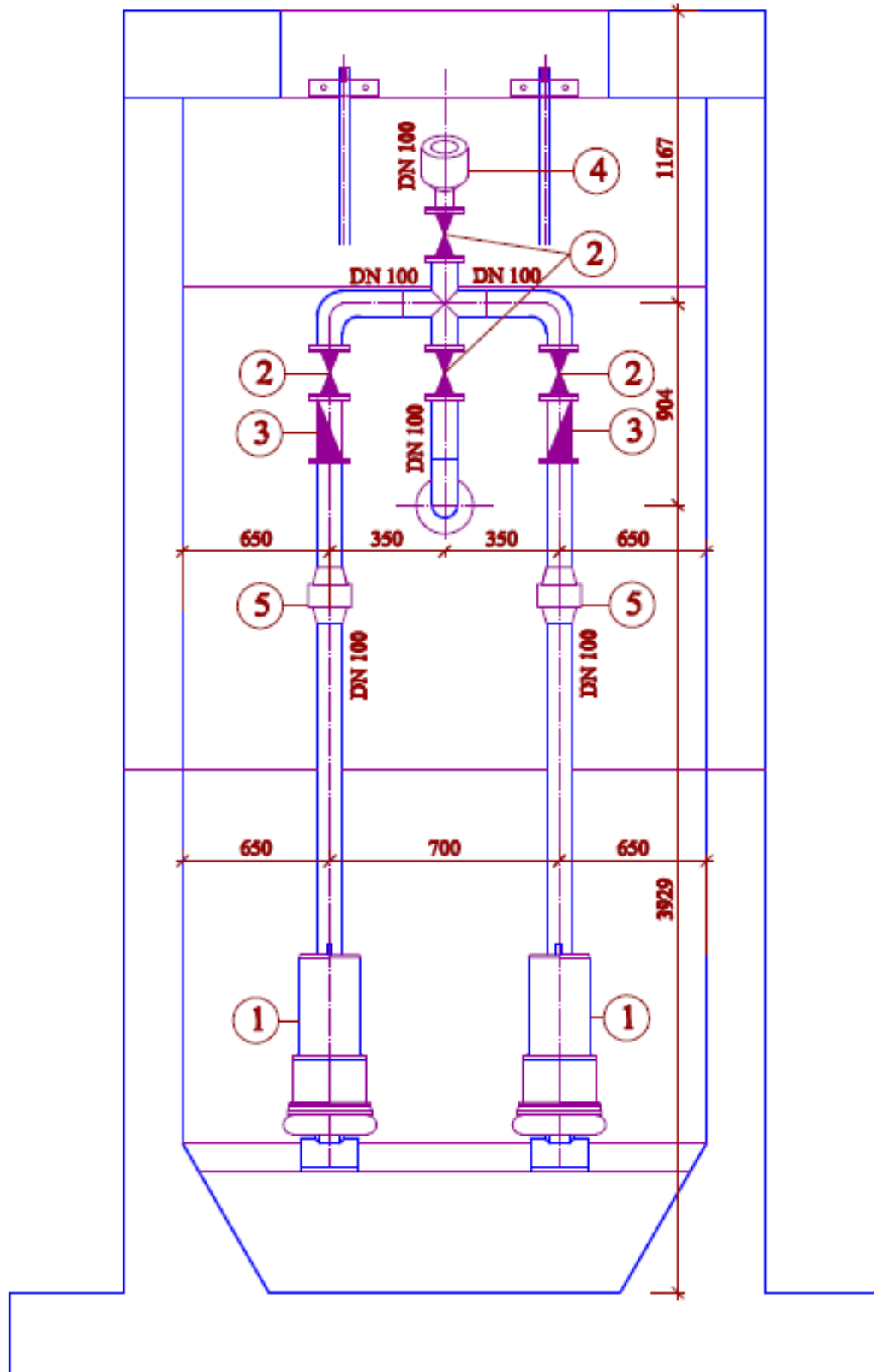
- P I Stavební řešení přečerpávací stanice
- P II Usazení průtokoměru a čerpadel v PČS
- P III Usazení průtokoměru v PČS
- P IV Podélný řez šachtou včetně legendy
- P V Schéma odvzdušňovací šachty
- P VI Legenda odvzdušňovací šachty
- P VII Schéma zařízení pro sběr dat
- P VIII Schéma ovládání čerpadel a plováků
- P IX Schéma navržené radiostanice PČS
- P X Celkové schéma přenosu naměřených veličin
- P XI Schéma architektury klient – server v typické aplikaci automatizace
- P XII Navržené celkové schéma získávání dat z technologického procesu do vizualizačního SCADA systému
- P XIII Navržené celkové schéma vizualizace z biologické části technologického procesu z ČOV



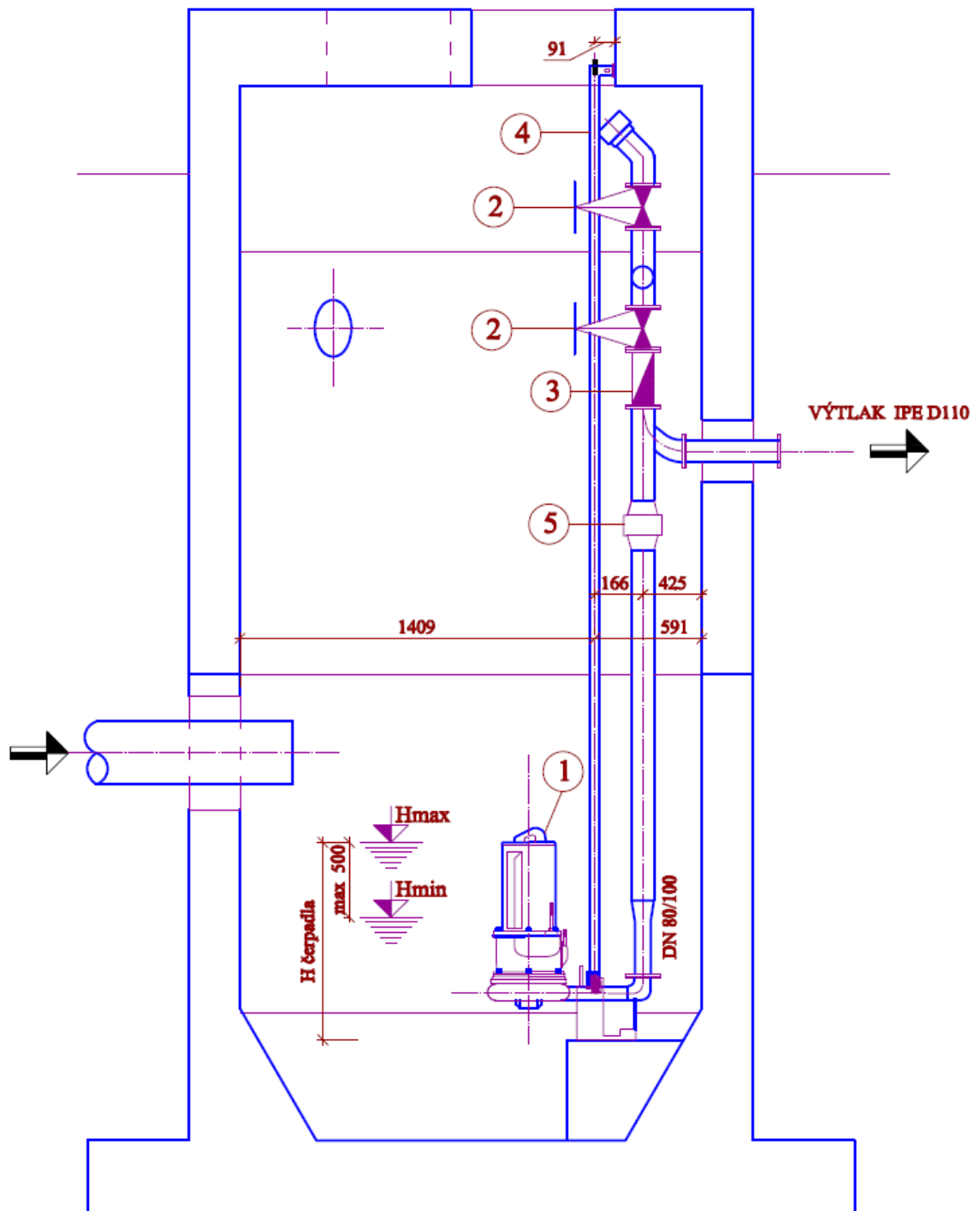
**PŘÍLOHA P I: STAVEBNÍ ŘEŠENÍ PŘEČERPÁVACÍ STANICE**

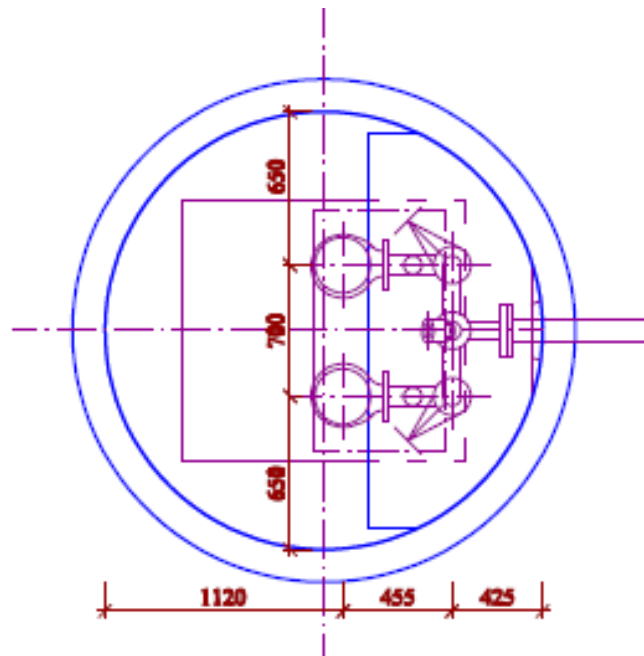


## PŘÍLOHA P II: USAZENÍ PRŮTOKOMĚRU A ČERPADEL V PČS



**PŘÍLOHA P III: USAZENÍ PRŮTOKOMĚRU V PČS**



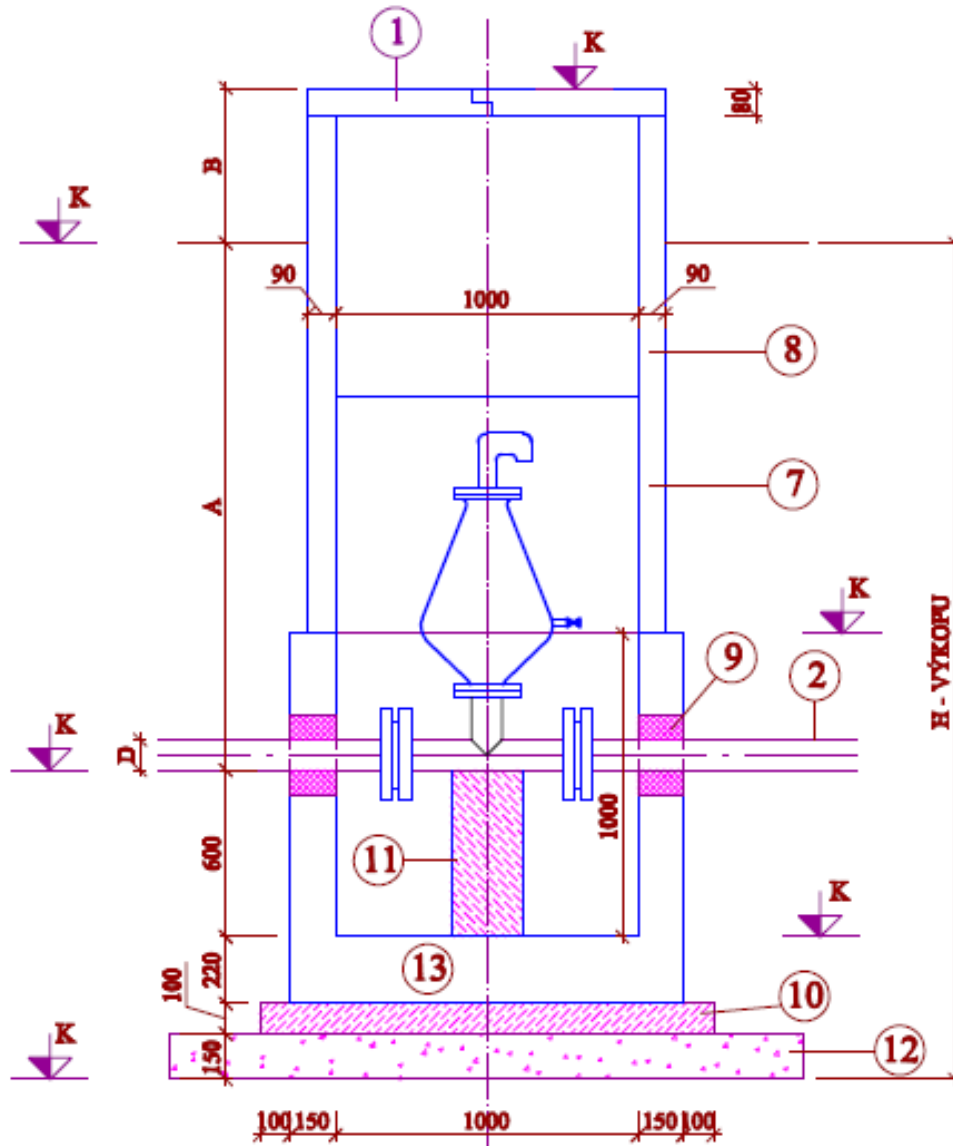
**PŘÍLOHA P IV: PODÉLNÝ ŘEZ ŠACHTOU VČETNĚ LEGENDY****LEGENDA:**

- ① ČERPADLO WILO EMU - 2ks (FA 08.66W-195 W/T20.1-2/22G)
- ② ŠOUPĚ DN 100
- ③ ZPĚTNÁ KLAPKA DN100
- ④ SAVICOVÝ NÁSTAVEC DN100 (PROPLACH POTRUBÍ VÝTLAKŮ)
- ⑤ PRŮTOKOMĚR EESA MP400 C - DN100

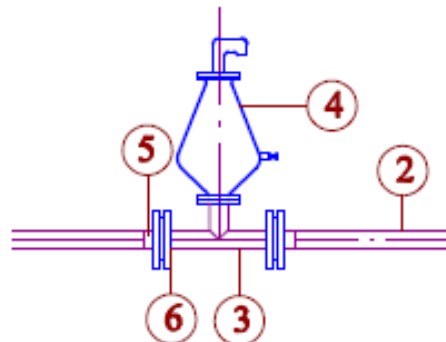
***H<sub>max.</sub> = VYPÍNÁNÍ ČERPADLA***

***H<sub>min.</sub> = ZAPÍNÁNÍ ČERPADLA***

**PŘÍLOHA P V: SCHÉMA ODVZDUŠŇOVÍ ŠACHTY**



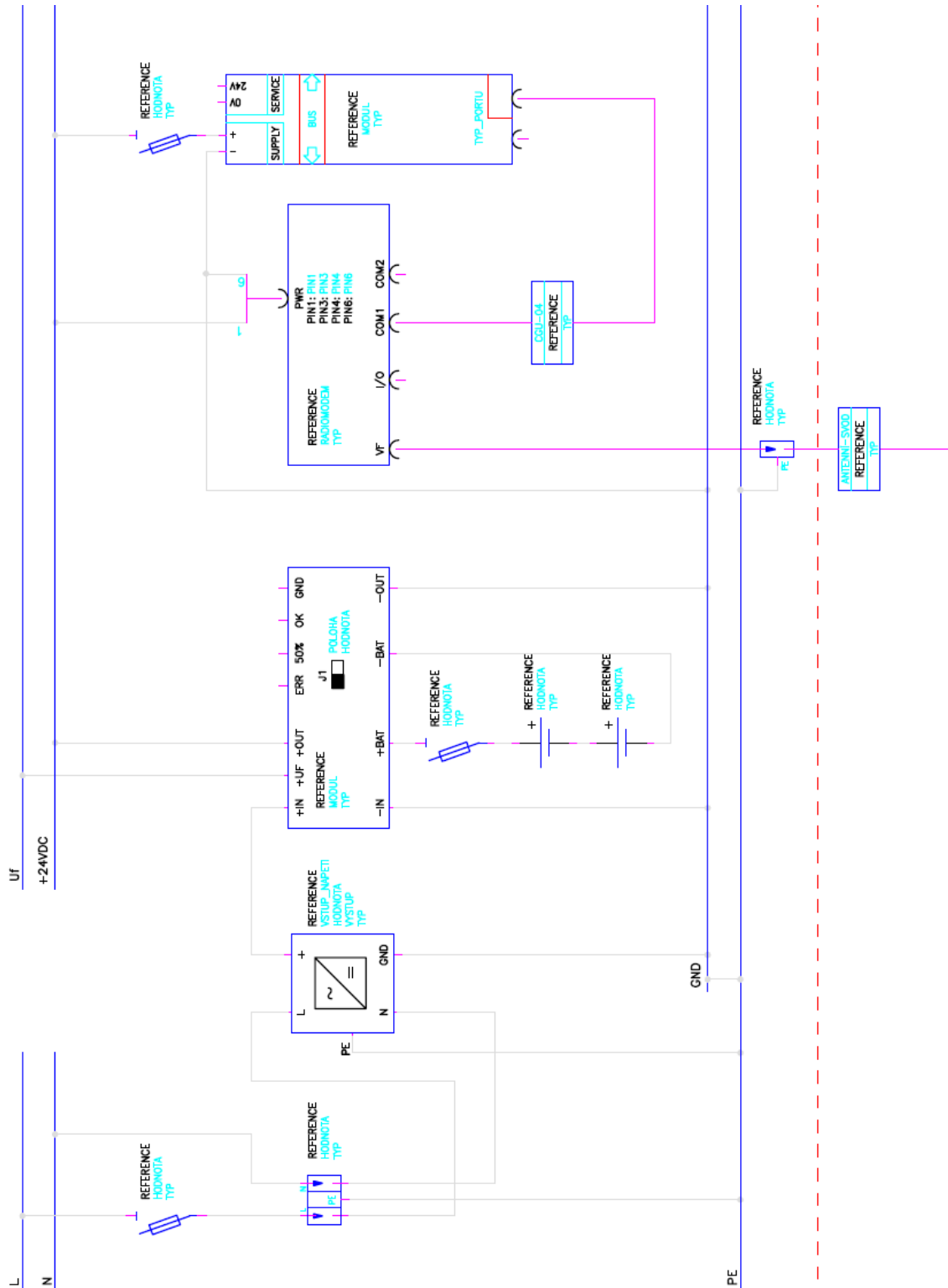
**DETAIL NAPOJENÍ ODVZDUŠŇOVACÍHO VENTILU**



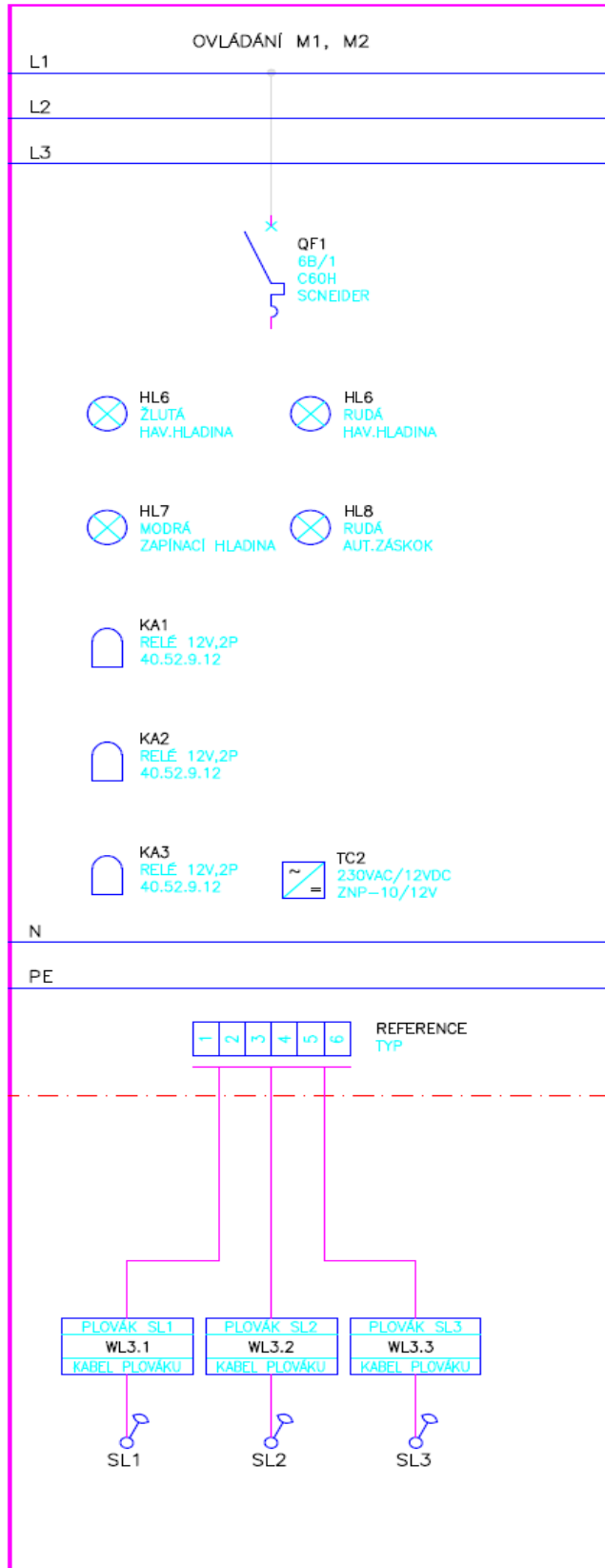
**PŘÍLOHA P VI: LEGENDA ODVZDUŠŇOVACÍ ŠACHTY**

- 1. Poklop studniční TBH 20**
- 2. Trubka IPE D 110x6,6 (PN100)**
- 3. T 100/80**
- 4. Odvzdušňovací ventil pro odpadní vodu 80DN**
- 5. Ocelová točivá příruba DN100**
- 6. Lemový nátrubek IPE D110**
- 7. TBS –Q.2 100/50 (PS)**
- 8. TBS –Q.2 100/100 (PS)**
- 9. Prostup DN 250**
- 10. Podkladní deska beton C12/15**
- 11. Betonový blok (š.v.h) 200x200x600**
- 12. Štěrkopískový podsyp tl.200 mm.**
- 13. Šachtové dno TZB – Q.2 100/100 V50 bez kinety**  
**vstup do šachty – kramlová stupadla s povlakem dle DIN 19555 (PS)**

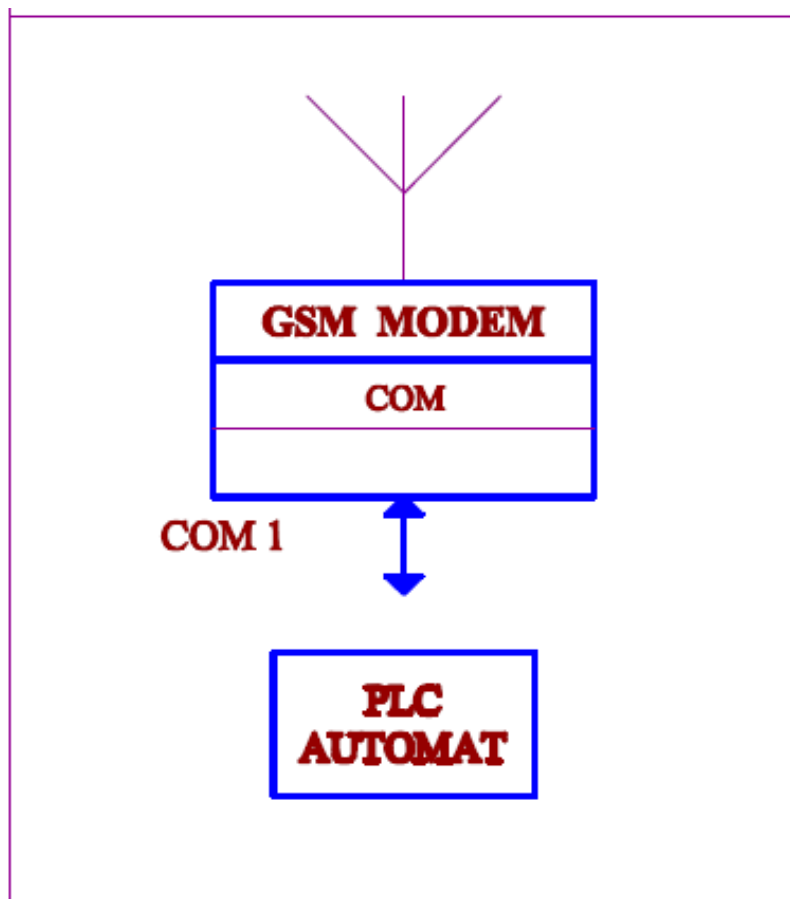
PŘÍLOHA P VII: SCHÉMA ZAŘÍZENÍ PRO SBĚR DAT



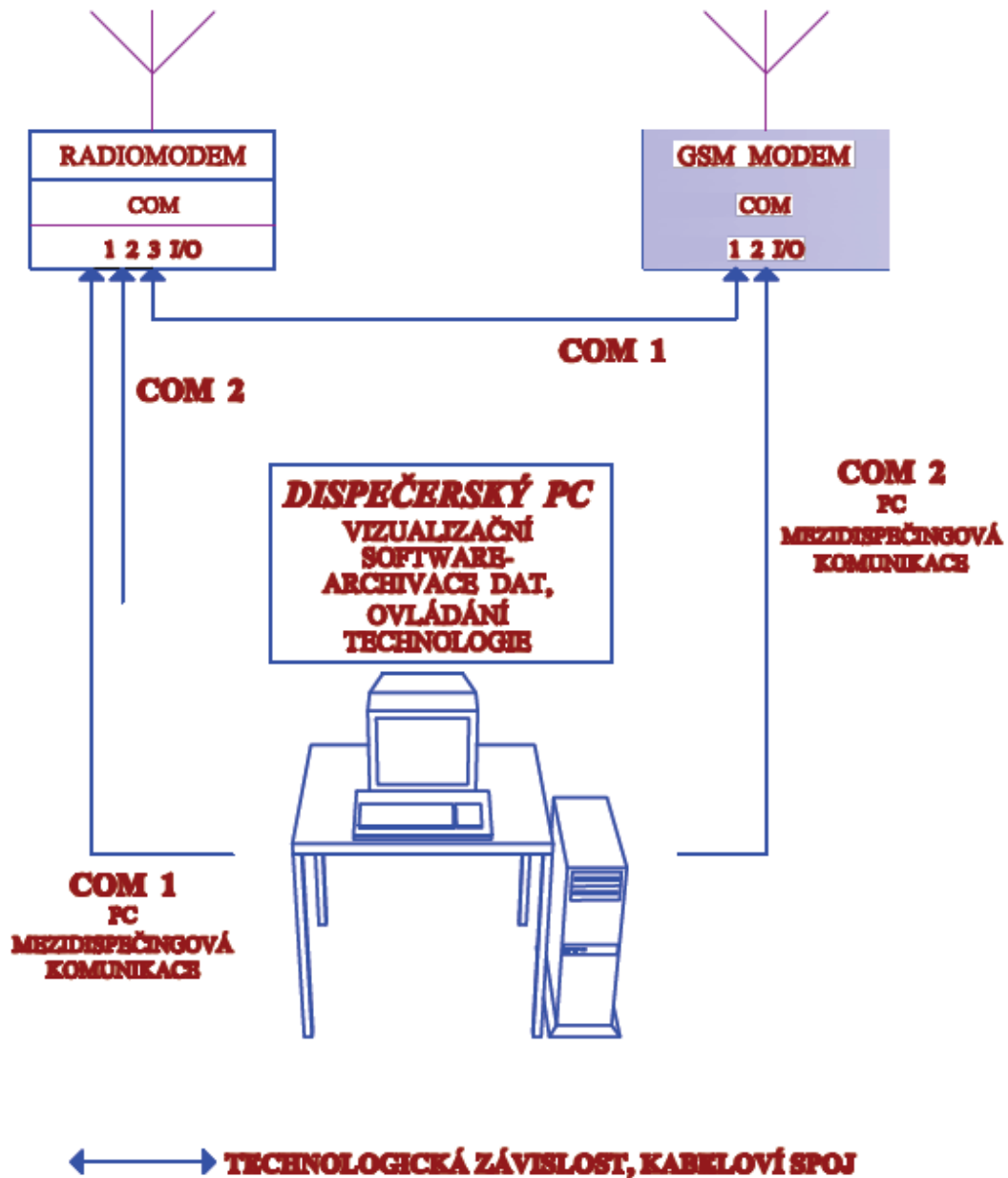
**PŘÍLOHA P VIII: SCHÉMA OVLÁDÁNÍ ČERPADEL A PLOVÁKŮ**



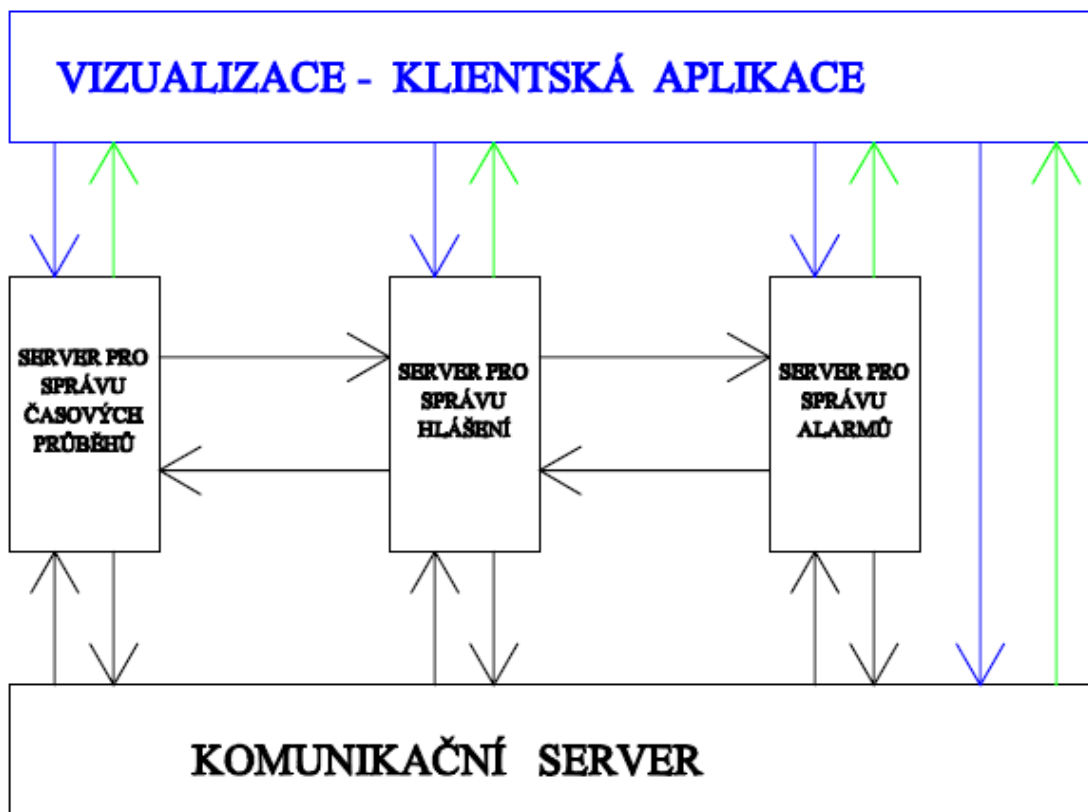


**PŘÍLOHA P IX: SCHÉMA NAVRŽENÉ RADIOSTANICE PČS**

## PŘÍLOHA P X: CELKOVÉ SCHÉMA PŘENOSU NAMĚŘENÝCH VELIČIN



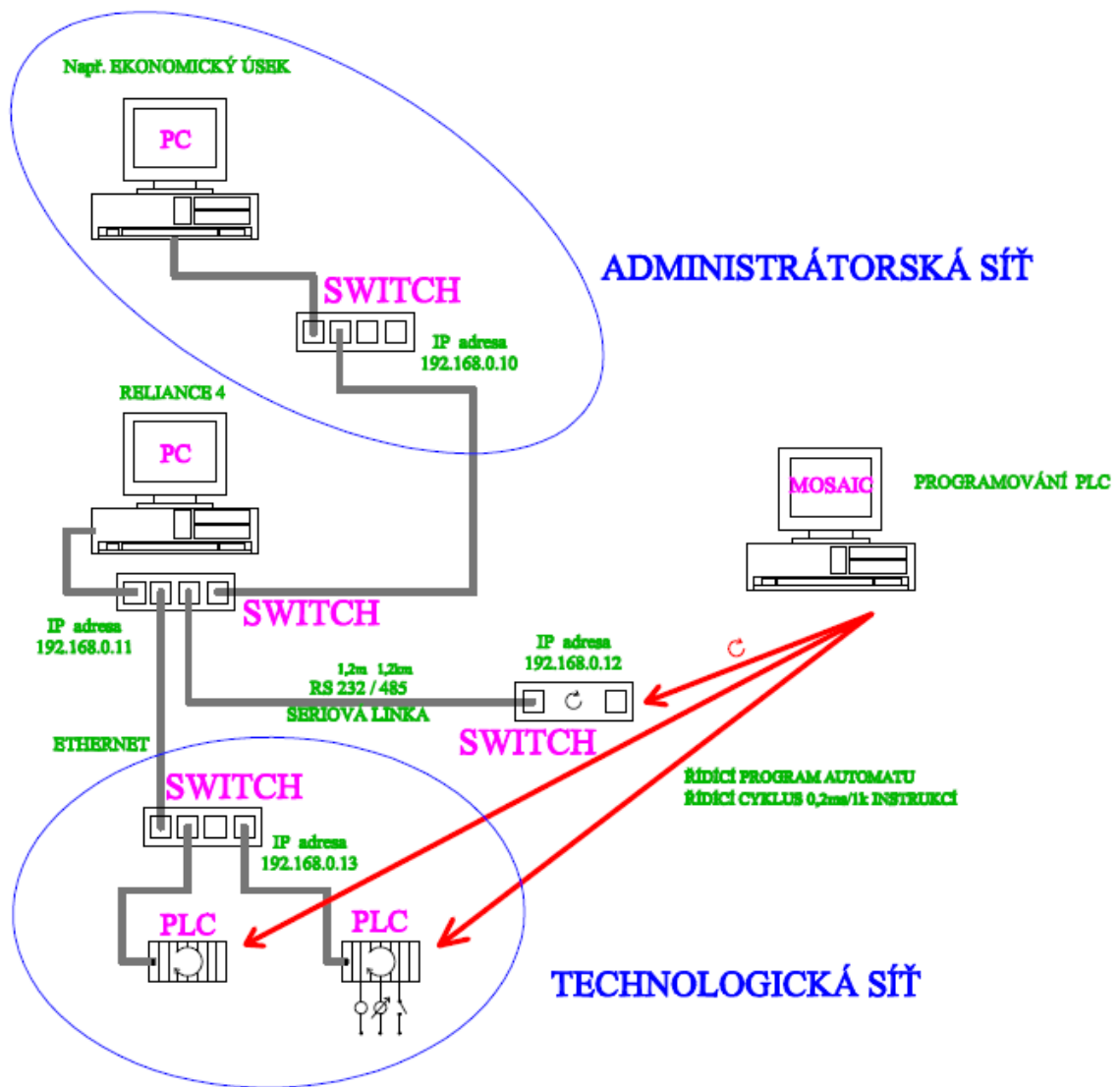
**PŘÍLOHA P XI: SCHÉMA ARCHITEKTURY KLIENT SERVER  
V TYPICKÉ APLIKACI AUTOMATIZACE**



→ **DOTAZ KLIENTŮ**

← **ODPOVĚĎ SERVERU**

## PŘÍLOHA P XII: NAVRŽENÉ CELKOVÉ SCHÉMA ZÍSKÁVÁNÍ DAT Z TECHNOLOGICKÉHO PROCESU DO VIZUALIZAČNÍHO SCADA SYSTÉMU



**PŘÍLOHA P XIII: CELKOVÉ SCHÉMA VIZUALIZACE  
TECHNOLOGICKÉHO PROCESU Z ČOV**

